



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE BAJO TRÁNSITO, PARCOY - LA LIBERTAD - 2018.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Bach. Rodríguez Salirrosas Jhosver
Bach. Ulloa Sánchez Frank

Asesor:

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Trujillo – Perú
2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los Bachilleres **Rodríguez Salirrosas Jhosver Breidy y Ulloa Sánchez Frank**, denominada:

**INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO POR RELAVE
MINERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE
UN CONCRETO DE BAJO TRÁNSITO, PARCOY – LA LIBERTAD – 2018.**

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz
ASESOR

PhD. Heberth Diestra Cruz
JURADO
PRESIDENTE

Mg. Ing. Wiston Azañedo Medina
JURADO

Mg. Ing. Melving Rivera Muñoz
JURADO

DEDICATORIA

Quiero dedicarle este logro a Dios que me ha
dado la vida y fortaleza para terminar este
proyecto de investigación.

A mis padres, **Wilson Rodríguez** y
Marleny Salirrosas, quienes
aportaron positivamente a lo largo de
mi formación académica, brindándome
el apoyo e incentivándome a trabajar
día a día, ya que son los testigos del
trabajo perseverante para lograr un
nuevo éxito en mi vida profesional.

Por eso y por mucho más les dedico
este proceso de formación que
constituirá el cimiento fundamental en
mi vida profesional y a través del cual
forjaré un nuevo presente en las labores
que desempeñare todos los días.

Jhosver Rodríguez Salirrosas

DEDICATORIA

A **Dios**, por darme la vida, por ser mi guía, luz y fortaleza durante todo el periodo de mi carrera profesional.

A mis padres, **Antonio Manuel Ulloa Salvador** y **Elena Cristina Sánchez Villa**, por haberme brindado su amor, comprensión y apoyo incondicional durante toda mi carrera, por sus consejos que me orientaron a tomar las mejores decisiones y haber logrado alcanzar mis metas.

No hay felicidad más grande que la de recibir a un bebé en la familia. Ahora eres tú mi principal motivación, como en todos mis logros, en este has estado presente. Te amo mucho hijo.

A mis Hermanos, por haberme brindado todo su apoyo.

Frank Ulloa Sánchez.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios, por habernos guiado a lo largo de la carrera, por darnos la sabiduría necesaria y culminar con éxito mi carrera universitaria, contribuyendo con la elaboración de esta tesis, la cual recurrirá como base para futuras investigaciones, generando un aporte significativo para la sociedad.

A nuestros padres, por todos los valores inculcados, enseñanzas y el apoyo incondicional que hicieron para poder tener una buena educación. Porque sin ustedes no hubiera llegado a ser quienes somos.

A nuestro asesor, Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz, por toda la paciencia y dedicación que tuvo con nosotros para poder lograr la culminación de esta tesis. Gracias por la orientación y conocimientos brindados durante todo el desarrollo de la tesis.

A la empresa SIKA PERU, por el apoyo de todo el personal profesional y técnico, el cual nos brindó su compromiso y conocimiento para poder realizar los ensayos de nuestra Tesis en su laboratorio.

Al Jefe de Laboratorio de la Universidad Privada del Norte, Wesley Leonardo Carrasco, por apoyarnos y colaborar en la realización de los ensayos de esta tesis.

A nuestro amigo incondicional, Gerson Miguel Castillo Pinillos de la UPN, por el apoyo moral y la ayuda desinteresada durante la elaboración de esta tesis.

A todos nuestros amigos y familiares, con quienes compartimos grandes momentos durante el ciclo universitario y realización de esta tesis. Gracias por todo su gran apoyo y que la amistad perdurará por siempre.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Realidad Problemática	15
1.2. Formulación del Problema.....	16
1.3. Justificación	17
1.4. Limitaciones	18
1.5. Objetivos.....	19
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	19
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	19
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes	20
2.2. Bases Teóricas	22
2.2.1. <i>Generalidades del Concreto</i>	22
2.2.2. <i>Diseño de Mezcla de Concreto</i>	33
2.2.3. <i>Permeabilidad del Concreto</i>	41
2.2.4. <i>Relave</i>	43
2.3. Hipótesis.....	50
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	51
3.1. Operacionalización de Variables	51
3.1.1. <i>Variable Independiente (V.I)</i>	51
3.1.2. <i>Variable Dependiente (V.D)</i>	51
3.2. Diseño de Investigación	52
3.3. Unidad de Estudio.....	52
3.4. Población.....	52
3.5. Muestra.....	52
3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	55
3.6.1. <i>Técnicas e instrumentos</i>	55
3.6.2. <i>Procedimiento de recolección de datos</i>	56
3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos	70
CAPÍTULO 4. RESULTADOS	71
4.1. Ensayos a los agregados	71
4.1.1. <i>Contenido de humedad – NTP 339.185:2013</i>	71
4.1.2. <i>Análisis Granulométrico del Agregado Fino y Grueso – NTP 400.012:2013</i>	72
4.1.3. <i>Peso Unitario – NTP 400.017:2011</i>	75

4.1.4.	<i>Peso Específico y absorción del agregado grueso. – NTP 400.021:2013</i>	76
4.1.5.	<i>Peso Específico y absorción del agregado fino. – NTP 400.022:2013</i>	76
4.2.	Caracterización de Relave Minero.....	77
4.3.	Diseño de Mezcla.....	79
4.3.1.	<i>Materiales para la Dosificación de Concreto.</i>	79
4.3.2.	<i>Dosificaciones</i>	81
4.4.	Elaboración de Probetas	83
4.5.	Ensayos al Concreto en Estado Fresco	88
4.5.1.	<i>Asentamiento del Concreto (Slump)</i>	88
4.5.2.	<i>Peso Unitario (PUCS) y Contenido de Aire (%) del Concreto.</i>	88
4.5.3.	<i>Temperatura del Concreto (°C)</i>	90
4.6.	Ensayos de Resistencia a la Compresión.....	90
4.6.1.	<i>Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón</i>	91
4.6.2.	<i>Resistencia a la Compresión del Concreto con 5% de Relave</i>	92
4.6.3.	<i>Resistencia a la Compresión del Concreto con 10% de Relave</i>	93
4.6.4.	<i>Resistencia a la Compresión del Concreto con 15% de Relave</i>	94
4.7.	Ensayo de Penetración de Agua Bajo Presión (Permeabilidad)	97
4.8.	Validación de Hipótesis mediante análisis estadístico.....	98
4.9.	Representación Matemática de los resultados.....	109
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN		111
5.1.	Análisis de los resultados Obtenidos	111
5.1.1.	<i>Ensayo de los agregados</i>	111
5.1.2.	<i>Ensayos al Concreto en Estado Fresco</i>	112
5.1.3.	<i>Ensayos de Resistencia a la Compresión</i>	112
5.1.4.	<i>Ensayo de Penetración de Agua Bajo Presión (Permeabilidad)</i>	113
5.1.5.	<i>Relación entre Resistencia a la Compresión y Permeabilidad</i>	114
5.1.6.	<i>Análisis de Validación de Datos</i>	115
5.2.	Análisis Comparativo de Costos Unitarios	116
CONCLUSIONES		117
RECOMENDACIONES		118
REFERENCIAS		119
ANEXOS		123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Límites de Granulometría del agregado fino	24
Tabla 2.2: Límites de Granulometría del agregado grueso	25
Tabla 2.3: Tipos de fracturas de las probetas formadas por el ensayo a compresión parte 01... 31	
Tabla 2.4: Tipos de fracturas de las probetas formadas por el ensayo a compresión parte 02... 32	
Tabla 2.5: Factores de Corrección	35
Tabla 2.6: Ecuación para la resistencia promedio requerida.....	36
Tabla 2.7: Resistencia a la Compresión Promedio	36
Tabla 2.8: Consistencia y Asentamiento	36
Tabla 2.9: Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción	37
Tabla 2.10: Requisitos aproximados de agua mezclado y contenido de aire para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales recomendados	37
Tabla 2.11: Relación a/c y resistencia a la compresión del concreto	38
Tabla 2.12: Clasificación de la permeabilidad del concreto	41
Tabla 2.13: Propiedades granulométricas de los relaves mineros	47
Tabla 2.14: Análisis Mineralógicos por DFX de relave minero	48
Tabla 2.15: Componentes Metodológicos y Referenciales de la Hipótesis.....	50
Tabla 3.1: Matriz de Operacionalización de variables.....	51
Tabla 3.2: Valores de la distribución normal Estandarizada	53
Tabla 3.3: Probetas de Concreto a elaborar para evaluar la Resistencia a Compresión	54
Tabla 3.4: Probetas de Concreto a elaborar para evaluar la Permeabilidad.....	54
Tabla 3.5: Tamaño de la muestra del agregado	57
Tabla 3.6: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global.....	58
Tabla 3.7: Capacidad de los recipientes	59
Tabla 3.8: Masa mínima de muestra de Ensayo de peso Especifico y Absorción	61
Tabla 4.1: Humedad Promedio del agregado Fino	71
Tabla 4.2: Humedad Promedio del Agregado Grueso	71
Tabla 4.3: Análisis Granulométrico del Agregado Fino	72
Tabla 4.4: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso	74
Tabla 4.5: Resultados del PUSS y PUCS del Agregado Fino	75
Tabla 4.6: Resultados del PUSS y PUCS del Agregado Grueso	75
Tabla 4.7: Resultados del Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso	76
Tabla 4.8: Resultados del Peso Específico y Absorción del Agregado Fino	76
Tabla 4.9: Humedad Promedio del Relave Minero	77
Tabla 4.10: Análisis Granulométrico del Relave Minero.....	77
Tabla 4.11: Resultados del PUSS y PUCS del Relave Minero.....	78
Tabla 4.12: Resultados del Peso Específico y Absorción del Relave Minero	79

Tabla 4.13: Propiedades Físicas del Agregado Fino	80
Tabla 4.14: Propiedades Físicas del Agregado Grueso.....	80
Tabla 4.15: Propiedades Físicas del Relave Minero.....	80
Tabla 4.16: Dosificación del Concreto Patrón.....	81
Tabla 4.17: Dosificación del Concreto con 5% de Relave.....	82
Tabla 4.18: Dosificación del Concreto con 10% de Relave.....	82
Tabla 4.19: Dosificación del Concreto con 15% de Relave.....	83
Tabla 4.20: Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas Patrón 01.....	84
Tabla 4.21: Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas con 5% de Relave minero 01....	84
Tabla 4.22: Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas con 10% de Relave minero 01 ..	84
Tabla 4.23: Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas con 15% de Relave minero01 ...	85
Tabla 4.24: Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas Patrón 02.....	85
Tabla 4.25: Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas con 5% de Relave minero 02....	85
Tabla 4.26: Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas con 10% de Relave minero 02..	86
Tabla 4.27: Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas con 15% de Relave minero 02..	86
Tabla 4.28: Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas Patrón 03.....	86
Tabla 4.29: Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas con 5% de Relave minero 03....	87
Tabla 4.30: Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas con 10% de Relave minero 03..	87
Tabla 4.31: Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas con 15% de Relave minero 03..	87
Tabla 4.32: Asentamiento del Concreto (Slump) para cada Diseño de Mezcla	88
Tabla 4.33: Peso Unitario (PUC) del Concreto	89
Tabla 4.34: Contenido de Aire (%) del Concreto	89
Tabla 4.35: Temperatura (°C) del Concreto	90
Tabla 4.36: Resultados de la Resistencia a Compresión.....	91
Tabla 4.37: Resultados de Ensayo de Penetración de Agua Bajo Presión.....	97
Tabla 4.38: Resultados de la Prueba de Normalidad en la variable de resistencia a compresión en 28 días.....	99
Tabla 4.39: Resultados de la Prueba de Normalidad en la variable de Permeabilidad	99
Tabla 4.40: Prueba de Homogeneidad de varianzas para la variable Resistencia a Compresión	104
Tabla 4.41: Prueba de Homogeneidad de varianza para la variable Permeabilidad.....	104
Tabla 4.42: Prueba de ANOVA para la variable Resistencia a la Compresión 28 días.....	105
Tabla 4.43: Prueba de ANOVA para la variable Permeabilidad	105
Tabla 4.44: Comparación Múltiple para la variable Resistencia a Compresión 28 días	106
Tabla 4.45: Comparación Múltiple para la variable Permeabilidad.....	107
Tabla 4.46: Subconjunto Homogeneo para la variable resistencia a compresión	108
Tabla 4.47: Subconjunto Homogeneo para la variable permeabilidad	108

Tabla 4.48: Resultados de las Líneas de Tendencia promedio de la Resistencia a Compresión a 28 días.....	109
Tabla 4.49: Resultados de las Líneas de Tendencia promedio de la Permeabilidad	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Ensayo de Resistencia a Compresión del Concreto	27
Figura 2.2: Curva de Evolución del Concreto.....	28
Figura 2.3: Influencia de la relación agua - cemento.....	30
Figura 2.4: Incremento de resistencia en el concreto con la edad mientras se cuente con humedad y temperatura favorables para la hidratación del cemento	31
Figura 2.5: Esquema de una celda triaxial	42
Figura 2.6: Esquema de realización de ensayo DIN 1048.....	42
Figura 2.7: Proceso de Flotación de Relave	44
Figura 2.8: Ubicación y vías de acceso a Depósito de Relaves Alpamarca	45
Figura 2.9: Vista Panorámica de las laderas de depósito de relaves Alpamarca	45
Figura 2.10: Diafractograma de Rayos X del Depósito Alpamarca (Relaves)	47
Figura 2.11: Contenido de Minerales en % Peso	49
Figura 3.1: Diagrama de flujo para recolección de datos.....	55
Figura 3.2: Rótula típica de abertura.....	68
Figura 3.3: Dispositivo de la presión durante el ensayo	69
Figura 4.1: Curva Granulométrica del Agregado Fino	73
Figura 4.2: Curva Granulométrica del Agregado Grueso.....	74
Figura 4.3: Curva Granulométrico del Relave Minero.....	78
Figura 4.4: Resistencia a Compresión del Concreto Patrón	92
Figura 4.5: Resistencia a Compresión del Concreto con 5% de Relave	93
Figura 4.6: Resistencia a Compresión del Concreto con 10% de Relave	94
Figura 4.7: Resistencia a Compresión del Concreto con 15% de Relave	95
Figura 4.8: Resistencia a Compresión del Concreto a los 28 días de curado	95
Figura 4.9: Resistencia a Compresión vs Tiempo de Curado.....	96
Figura 4.10: Profundidad de Penetración de Agua Bajo Presión	98
Figura 4.11: Gráfico Q-Q normal de la variable Resistencia a la Compresión para Patrón	100
Figura 4.12: Gráfico Q-Q normal de la variable Resistencia a la Compresión para 5% de Relave	100
Figura 4.13: Gráfico Q-Q normal de la variable Resistencia a Compresión para 10% de Relave	101
Figura 4.14: Gráfico Q-Q normal de la variable Resistencia a Compresión para 15% de Relave	101
Figura 4.15: Gráfico Q-Q normal de la variable Permeabilidad para Patrón	102
Figura 4.16: Gráfico Q-Q normal de la variable Permeabilidad para 5% de Relave	102
Figura 4.17: Gráfico Q-Q normal de la variable Permeabilidad para 10% de Relave	103
Figura 4.18: Gráfico Q-Q normal de la variable Permeabilidad para 15% de Relave	103

Figura 4.19: Línea de Tendencia promedio de la Resistencia a Compresión a 28 días	110
Figura 4.20: Línea de Tendencia promedio de la Permeabilidad	110
Figura 4.21: Resistencia a la Compresión vs Penetración de agua (Permeabilidad).....	114
Figura 5.1: Ingreso al deposito de relaves Alpamarca.....	170
Figura 5.2: Zona de almacenamiento de relave minero.....	170
Figura 5.3: Llenado en saco el relave minero	171
Figura 5.4: Estructura hidráulicas de Alpamarca.....	171
Figura 5.5: Muestra del Agregado Grueso	172
Figura 5.6: Muestra del Agregado Fino para determinar el peso específico	172
Figura 5.7: Muestra del Relave Minero para determinar el peso específico.....	173
Figura 5.8: Tamizado para estimación de tamaños de los agregados	173
Figura 5.9: Peso del Agregado Fino Tamizado	174
Figura 5.10: Moldes de Probetas Cilíndricas.....	174
Figura 5.11: Materiales para el concreto en estado Fresco	175
Figura 5.12: Medida del Asentamiento (Slump) del Concreto en Estado Fresco	175
Figura 5.13: Medida del Peso Unitario del Concreto en Estado Fresco	176
Figura 5.14: Medida de la Temperatura del Concreto en Estado Fresco	176
Figura 5.15: Medida del Contenido de Aire del Concreto en Estado Fresco	177
Figura 5.16: Probetas Cilíndricas de Concreto.....	177
Figura 5.17: Curado de Probetas de Concreto.....	178
Figura 5.18: Probetas de concreto a ensayar	178
Figura 5.19: Máquina de Ensayo a la Compresión.....	179
Figura 5.20: Ensayo a la Compresión de Probetas	180
Figura 5.21: Ensayo de penetración de agua bajo presión (Permeabilidad)	181
Figura 5.22: Rotura de probeta patrón.....	181
Figura 5.23: Rotura de probeta con 5% de relave.....	182
Figura 5.24: Rotura de probeta con 10% de relave.....	182
Figura 5.25: Rotura de probeta con 15% de relave.....	183
Figura 5.26: Resultados del Ensayo a la Permeabilidad	183

RESUMEN

La presente tesis de investigación incentiva al aprovechamiento de residuos mineros comúnmente denominado relave minero, el mismo que se encuentra almacenado en la Presa de Relaves Alpamarca, ubicado en el distrito de Parcoy, Pataz. El relave es generado por el proceso de flotación, más no por el proceso de Cianuración. Se propone como una opción para ser usado en reemplazo del agregado fino para la elaboración de concreto de bajo tránsito ($F'c=175 \text{ kgf/cm}^2$) como aplicación a una estructura determinada, del mismo modo se presenta como una alternativa eficiente de solución a los problemas por contaminación ambiental, que es generada por los procesos que realizan las empresas mineras, para la obtención de mineral aurífero.

La problemática del proyecto nace debido a que la industria minera genera gran cantidad de relave y necesita mucho espacio para su disposición y almacenaje. Por ello, se propone utilizar este relave para sustituir al agregado fino. Los porcentajes que se estudiarán son 5%, 10% y 15% con respecto a la arena. En la presente investigación se analizará la influencia de la sustitución de la arena por relave en la resistencia a compresión del concreto, según la NTP 339.034 y penetración de agua bajo presión, según la Norma Europea UNE-EN 12390-8 para medir la permeabilidad del concreto.

Del mismo modo, los diferentes materiales utilizados en la investigación fueron analizados para conocer sus propiedades físicas y mecánicas, de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas, con respecto al diseño de mezcla se procedió de acuerdo a la Norma ACI 211.

Los resultados obtenidos de los ensayos a compresión y penetración del agua aplicados a concretos de bajo tránsito, demuestran que para un 10% de sustitución de agregado fino por relave minero, la dosificación es ideal para lograr un mejor comportamiento a diferencia del resto de los porcentajes evaluados, es decir, la resistencia a compresión del concreto se incrementa a un 10.07% y la permeabilidad del concreto se reduce a un 51.61% con respecto del concreto patrón y de los porcentajes de 0%, 5% y 15%.

Nuestros resultados expresan que es posible lograr los beneficios del uso del relave en el concreto, descritos en el párrafo anterior, logrando reducir los costos de elaboración y disminuyendo el impacto en el medio ambiente. De este modo, la investigación logra una propuesta o alternativa que permite reciclar o reutilizar el relave minero sin afectar al medio ambiente.

ABSTRACT

This research thesis encourages the use of mining waste commonly called mine tailings, which is stored in the Alparmarca Tailings Dam, located in the district of Parcoy, Pataz. The tailings are generated by the flotation process, but not by the process of cyanidation. It is proposed as an option to be used as a replacement for the fine aggregate for the manufacture of low-traffic concrete as an application to a specific structure, in the same way it is presented as an efficient solution alternative to the problems due to environmental contamination, which is generated by the processes carried out by mining companies to obtain gold ore.

The problem of the project was born because the mining industry generates a lot of tailings and needs a lot of space for its disposal and storage. Therefore, it is proposed to use this tail to replace the fine aggregate. The percentages to be studied are 5%, 10% and 15% with respect to the sand. In the present investigation the influence of the substitution of the sand by tailings in the compressive strength of the concrete, according to the NTP 339.034 and penetration of water under pressure, according to the European Standard UNE-EN 12390-8 to measure the permeability of the concrete.

In the same way, the different materials used in the investigation were analyzed to know their physical and mechanical properties, according to the Peruvian Technical Standards, with respect to the design of the mixture, proceeded according to the ACI 211 Standard.

The results obtained from the compression and water penetration tests applied to concrete with low traffic, show that for a 10% substitution of fine aggregate by mining tailings, the dosage is ideal to achieve a better behavior unlike the rest of the percentages evaluated, that is, the compressive strength of the concrete increases to 10.07% and the permeability of the concrete is reduced to 51.61% with respect to the standard concrete and the percentages of 0%, 5% and 15%.

Our results express that it is possible to achieve the benefits of the use of the tailings in the concrete, described in the previous paragraph, managing to reduce the costs of elaboration and diminishing the impact on the environment. In this way, the research achieves a proposal or alternative that allows to recycle or reuse the mining tailings without affecting the environment.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

El concreto se ha convertido en el material de construcción más utilizado en todo el mundo debido a su extraordinaria trabajabilidad, ya que le permite adaptarse a diversos tipos de construcciones; es por ello que en estos últimos tiempos se han venido planteando formas de elaborar concreto más económico y con mejor desempeño, adicionando diferentes productos, sobre todos procedentes del reciclaje que contribuyan a la disminución de emisiones contaminantes (Sánchez, 2001).

En España, Sanjuán y Castro (2001), explica que en algunos estudios realizados en los años 80 “sobre las causas que producen problemas de durabilidad, se le atribuyen causantes como el defecto en la calidad de los materiales en un 16.20%, siendo los errores de ejecución el 38.5% y más del 40% a errores de diseño y/o cálculo” (p.03). Asimismo, estudios realizados en los años 90 explican que el aumento al 30% del defecto se da por una inadecuada selección de materiales que afectan la durabilidad del concreto, perjudicando en la mayoría de los casos en su resistencia a compresión e incrementando la porosidad del mismo, haciéndolo más permeable (Ramírez, 2008).

Del mismo modo, se vienen trabajando dosificaciones de concreto para diferentes factores de resistencia, empleando una diversidad de materiales y aditivos que pueden lograr un concreto capaz de soportar condiciones ambientales severas, generando altos costos en la producción de los mismos, debido a que forma parte elemental en la materialización de infraestructuras (Curo y Rashuamán, 2015).

Sin embargo, Karamanian (2013) explica que el incremento y perfeccionamiento de la infraestructura de cada país, debido a la sobrepoblación y escasez de recursos naturales, fomentan una preocupación por el desarrollo sostenible; eso ha logrado que, en los últimos años la tendencia sea realizar “construcciones sustentables”, mediante la selección de insumos y materiales derivados de procesos de extracción o producción limpia y con ello buscar minimizar el impacto ambiental y elevar el bienestar de los que lo habitan tomando en cuenta los criterios de conservación del ambiente, minimización de recursos naturales y ahorro de energía.

Anicama (2010), comenta que en el actual contexto ecológico de la minería moderna, uno de los principales problemas que tiene la industria es la adecuada disposición y almacenaje de los subproductos del procesamiento de los minerales, denominados “relaves”.

Romero y Flores (2010), proponen el uso de relaves mineros en los concretos, sin embargo, es poco utilizado debido a la falta de difusión acerca de los beneficios que podría generar en el concreto; no obstante, en países de mayor desarrollo tecnológico se viene usando como “adición” para la elaboración de ladrillos baldosas, cementos y concretos adicionados.

A partir de esta problemática, en los últimos años se viene adicionando al concreto relave minero, buscando una mejora en las propiedades físicas, químicas y mecánicas del concreto, además de su ventaja en la optimización del costo del concreto en obra (Aitcin, 2007).

Una de las alternativas para realizar el reciclaje del relave, según Animaca (2010), consiste en incorporarlo en la construcción de estructuras que resistan los efectos ambientales e intemperismo, como por ejemplo losas, muros de contención, cimientos, presas, etc. siendo el material ideal para este propósito el concreto.

Curo y Rashuamán (2015), explica la elaboración de un concreto de bajo tránsito $F'c=175$ kgf/cm^2 , si se le adiciona relave minero se mejoran considerablemente las características del mismo, tales como resistencia, estabilidad, durabilidad a largo plazo y sobre todo el ahorro económico del cemento hasta el 16.08%; además, el uso del relave minero como reemplazante del cemento en porcentaje reduce su costo y mejora algunas de las propiedades mecánicas del concreto (compresión y tensión).

Es por ello, que se pretende utilizar el uso de relave minero en la construcción de concretos de bajo tránsito (concreto $f'c= 175$ kgf/cm^2), así como contribuir con construcciones sustentables, colaborando en el contexto “ecológico” de la minería.

Por lo anteriormente expuesto, se evidencia la importancia del uso del relave en el concreto y por ello surge la problemática de evaluar la influencia de adición de relave al 5%, 10% 15% en la resistencia a compresión y permeabilidad de especímenes del concreto.

1.2. Formulación del Problema

¿Cuál es la influencia de la sustitución del agregado fino por relave minero en la resistencia a compresión y permeabilidad de un concreto de bajo tránsito ($F'c= 175$ kgf/cm^2), elaborado con cemento tipo MS, en el distrito de Parcoy - La Libertad en el año 2018?

1.3. Justificación

Anicama (2010), explica que la minería es uno de los sectores más importantes de la economía peruana y representa el 59.2% del valor total de nuestras exportaciones haciendo un total de 18657 millones de dólares al año. Además, representa también un 4.78% del PBI de nuestro país y a lo largo de los últimos 10 años ha permanecido en un promedio de 5.42%.

Viendo el impacto económico que tiene el sector minero en nuestra sociedad, apostar por tecnologías nuevas y limpias que reduzcan posibles consecuencias negativas en el medio ambiente nos favorece a todos.

Sin embargo, en la industria minera, uno de los principales problemas es la acumulación de subproductos del procesamiento de los minerales, denominado relave, que es un residuo ecológicamente problemático que deben eliminar la gran mayoría de centros mineros evitando que permanezcan y aumenten los depósitos de relaves donde son expuestos al medio ambiente.

Ramos y Torres (2014), explican en su investigación que el relave, no se emplea debido a la falta de conocimiento y estudios pertinentes, por ello, investigaron la aplicación de relave como estabilizante para carreteras, buscando obtener una estructura de base con una dosificación entre relave minero y material de cantera en proporción por peso 1:3, que sea igual o superen la funcionalidad; durabilidad y capacidad de soporte de una estructura de base y que al mismo tiempo sea menos costoso.

Es por ello que, partiendo de la iniciativa de Ramos y Torres (2014), la presente investigación analiza la factibilidad técnica de reemplazar el agregado fino en el concreto, por relave minero procedente del proceso de flotación en un porcentaje respecto al peso del agregado fino, con el objetivo de reciclar el relave minero y encontrarle uso sostenible en las poblaciones cercanas a las operaciones mineras.

Además, se pretende evaluar que la sustitución del relave minero con respecto al peso del agregado fino, influye en las propiedades mecánicas del concreto tales como la resistencia a la compresión y la permeabilidad en un concreto de bajo tránsito, estos ensayos crean un interés en los investigadores debido a que se tiene poca información del comportamiento de las mezclas al sustituirlos con relave minero.

Asimismo, esta investigación contribuirá con información esencial acerca del uso adecuado de relave minero en la elaboración de concreto, que será de gran utilidad para los colegas ingenieros civiles enfocados en la reutilización de residuos mineros para la conservación del medio ambiente.

Es por ello que la participación del ingeniero civil es importante debido a que se encargará de optimizar el relave y realizar un diseño de mezcla que garantice el aumento de resistencia a compresión y disminuya la permeabilidad de concreto, dicha acción ayuda en el desarrollo de nuevos temas de investigación que favorezcan el crecimiento de la tecnología del concreto en nuestro país.

1.4. Limitaciones

La limitación principal de esta investigación es el tiempo de gestión en conseguir la autorización por parte de la empresa minera para la donación de relave a usar en la investigación. Esto ocurre, debido a que es un rubro privado y es difícil obtener la muestra de relave por ser un residuo ambiental y necesita de tratamientos de estabilización química y mecánica para ser reciclado sin afectar el medio ambiente. A pesar de ello, se logró conseguir el relave descontaminado certificado por la empresa minera que no perjudicará el concreto a elaborar.

En el proceso de la ejecución del proyecto, se encontraron ciertas dificultades, una de ellas, es que los investigadores cuentan con acceso limitado a estudios de estabilidad química y mecánica de la presa de relaves de flotación de Alpamarca, los cuales son fundamentales para el desarrollo de la tesis y se ve manifestada en la elección de búsqueda de fuentes de información para las evaluaciones de calidad de nuestras probetas de concreto, lo que se ha visto reflejado en la elección de porcentajes de sustitución.

Asimismo, los investigadores se encuentran limitado debido a que en la ciudad de Trujillo no existe una Institución que cuente con los equipos y herramientas necesarias para realizar los ensayos de permeabilidad en concreto. Es por ello que, la solución óptima ante esto, fue viajar a la ciudad de Lima para realizar dichos ensayos, que implicaron un aumento de recursos económicos, pero necesarios para la investigación.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la sustitución del agregado fino por relave minero en la resistencia a compresión y permeabilidad de un concreto de bajo tránsito ($F'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$), elaborado con cemento tipo MS, en el distrito de Parcoy - La Libertad en el año 2018.

1.5.2. Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento de la resistencia a compresión y permeabilidad de un concreto con la sustitución del agregado fino por relave minero.
- Analizar las propiedades físicas del agregado grueso y agregado fino según la Norma Técnica Peruana.
- Identificar el porcentaje adecuado de sustitución de agregado fino por relave minero, que logre un incremento de resistencia a compresión y una disminución de permeabilidad en un concreto de bajo tránsito.
- Comparar el precio unitario entre un concreto patrón y concreto que tiene mejor comportamiento en porcentaje de sustitución del agregado fino por relave minero.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

- a) Lira y Osses (2013), analizó la factibilidad técnica de reemplazar el agregado fino en el hormigón, por arenas de relave de la explotación del cobre. Los áridos son la estructura soportante del hormigón, constituyente el 70 al 80% del volumen. La dosificación de diseño de los aridos patrones y el equivalente con la arena de relave, con respecto a las diferentes dosis de cemento establecidas para el presente estudio son de 200, 300 y 400 kg/m³, para su posterior comparación mediante el análisis de ensayos a la compresión a 7, 14 y 28 días de curado.

El autor concluye que en la investigación, es factible al utilizar la arena de relave, obteniéndose resistencias de 170, 260 y 323 kgf/cm², que son en promedio un 23% mayor a los concretos patrones evaluados, con distintas dosis de cemento establecidas. Esto indica que, reemplazando el agregado fino por relave, se lograría mantener o aumentar la resistencia mecánica con respecto a un concreto convencional, siendo esto positivo para nuestra investigación. Además, su uso no perjudica químicamente a la pasta de concreto fresco.

- b) Velez (2010), nos dice que para cuantificar la permeabilidad y porosidad en concreto poroso y su variación con la resistencia a la compresión, se estudió la influencia de la permeabilidad del concreto poroso en: el volumen de poros permeables, porcentaje de absorción total, densidad, y propiedades mecánicas resistencia a la compresión y flexo tracción a 28 días de curado.

El autor concluye que, en la investigación, se encontró una dosificación de concreto poroso, la cual permite obtener resistencias altas, manteniendo una excelente permeabilidad del concreto poroso. Se determinó una permeabilidad de 2,342 mm, con un porcentaje real de huecos del 11%, cemento en una proporción de 350 kg/m³, permitiendo resistencias a flexo tracción y a compresión veintiocho días respectivamente de 3 MPa y 33 MPa utilizando diferentes razones agua/cemento. Esta investigación indica que, realizando un adecuado diseño de mezcla, considerando el porcentaje de sustitución de agregado fino por relave minero, se lograría encontrar una dosificación acorde a los objetivos planteados en la investigación que son de disminuir la permeabilidad en un concreto de bajo tránsito.

- c) Anicama (2010), propuso elaborar un concreto patrón de $f'c=175\text{kgf/cm}^2$ y tres muestras de concreto adicionando relave minero en función al porcentaje de reemplazo de cemento por relave. Para dichos diseños se escogieron distintos porcentajes de reemplazo del orden del 10%, 15%, 20% y 25% y fueron evaluados a la resistencia a la compresión a 3, 7 y 28 días de curado.

Se concluye, que los diseños mas cercanos al concreto patrón es el reemplazo del 10% de cemento en peso por el relave, lo cual se obtuvo el 90% de la resistencia del concreto patrón; además, se determinó que para concretos de baja resistencia se pueden obtener ahorros considerables de cemento. Esta investigación contribuye, como indicador a experimentar con porcentajes de sustitución de relave cercanos al 10%, en este caso para nuestra investigación se opta por considerar porcentajes de 5%, 10% y 15% de relave en reemplazo del agregado fino.

- d) Bustamante (2017), estudió la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos. Para esto se elaboraron 60 muestras de concreto que fueron elaborados de de la siguiente manera: 5 muestras por cada relación agua/cemento ($a/c= 0.45, 0.5, 0.6$ y 0.7) y se repitió cada mezcla tres veces con el objetivo de tener mejores resultados, con el menor error posible. Estas muestras fueron ensayados siguiendo la norma europea EN 12390-8. Con los resultados de estos ensayos, se elaboraron curvas de coeficiente de permeabilidad vs relación a/c .

En base a los resultados obtenidos, el autor concluye que la permeabilidad varía de forma directa respecto a la relación a/c , que a menor relación a/c menor permeabilidad y que el tiempo de curado humedo es determinante para una bajada permeabilidad. El autor mediante esta investigación, contribuye señalando a la relación agua/cemento como un factor que influye directamente sobre la permeabilidad del concreto, de este modo, nuestra investigación considerará una misma relación agua/cemento para cada dosificación a emplear de modo que no exista variación en los grupos de probetas de concreto estudiados.

- e) Curo & Rashuamán (2015), elaboraron un diseño de mezcla de concreto patrón de $f'c$ 175kg/cm^2 y 4 muestras de concreto adicionando relave minero en diferentes concentraciones en la relación con el peso del cemento (15% y 20%). Se evaluó la resistencia a compresión a 7, 14, 21 y 28 días de curado.

La investigación concluye en que, el diseño patrón una resistencia a la compresión promedio a los 28 días es de 179.69 kgf/cm^2 que equivale al 102.68% y el diseño adicionado con relave minero a los 28 días es de 173.95 kgf/cm^2 , que equivale a un 99.40% de la resistencia del diseño patrón, es decir, de acuerdo al estudio de diseño de mezcla aplicado, adicionando el relave minero proporciona al concreto una buena conducta a la

aplicación de las fuerzas de compresión. Esta investigación indica que, es posible experimentar con porcentajes de sustitución de relave en reemplazo del agregado fino, lográndose mantener o aumentar la resistencia a compresión respecto a un concreto convencional, siendo esto positivo para nuestra investigación.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Generalidades del Concreto.

2.2.1.1. Concreto.

El concreto es una mezcla arena, grava, roca triturada, u otros agregados unidos en una masa rocosa por medio de una pasta de cemento y agua, sin embargo, se incorporan uno o más aditivos para cambiar ciertas características del concreto, tales como la ductilidad, durabilidad y tiempo de fraguado (McCormac & Brown, 2011).

Es importante conocer bien este material para fabricarlo y utilizarlo adecuadamente, porque es un material complejo, ya que es el resultado de la mezcla de diferentes materiales; donde cada uno de ellos influyen según sus características, en las propiedades del concreto; tanto en su estado plástico como en el estado sólido. A lo anterior se agregan variables que influyen como son el proceso de fabricación colocación y curado (Tancredi, 2015).

2.2.1.2. Cemento.

a) Definición.

El cemento Portland es un cemento hidráulico producido por la pulverización del Clinker que consiste esencialmente de silicatos, aluminato y ferrito aluminato de cal, que contiene usualmente una o más de las formas de sulfato cálcico como adición. Para uso cuando las propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo no son requeridas (Fernández, 2011).

En la actualidad, el cemento ha llegado a ser uno de los materiales industrializados de construcción más utilizados, ya que este constituye la parte principal del concreto, un material resistente y duro que se trabaja en forma líquida, dando una gran versatilidad en la obtención de formas y figuras para exteriores (Tengan Shimabukuro, 2011).

b) Clasificación.

Actualmente el cemento portland, se diferencian por su composición química; adquiriendo características diferentes cuando se hidrata, dando lugar a diferentes tipos de cementos. (Tancredi, 2015).

Existen diferentes tipos de cemento Portland, los cuales se encuentran clasificados de acuerdo con la norma ASTM C 1157:

- **Tipo GU:** El cemento de uso general, apto para toda obra que no requiera cementos con requisitos especiales.
- **Tipo HE:** Alta resistencia inicial, usualmente menos de una semana.
- **Tipo MS:** Moderada resistencia a los sulfatos.
- **Tipo HS:** Alta resistencia a los sulfatos.
- **Tipo MH:** Moderado calor de hidratación.
- **Tipo LH:** Bajo calor de Hidratación.

2.2.1.3. Agregados.

a) Definición.

Son materiales inertes que mezclados con cemento portland en presencia de agua conforman el concreto; estos agregados que tienen una resistencia propia que no afectan a las propiedades y características del concreto, por el contrario, ejercen una influencia muy positiva en las resistencias mecánicas, retracción, fluencia, abrasión e incluso durabilidad del concreto (Fernández, 2011).

Se denominan inertes porque no reaccionan de forma deformable con otros constituyentes del concreto en el especial el cemento; son muy importante los agregados para concreto porque ocupan aproximadamente del 65% al 80% en volumen de agregados que proporcionan resistencia mecánica, característica propia del concreto (Tancredi, 2015).

b) Clasificación.

Los agregados de la construcción son componentes derivados de la trituración natural o artificial de diversas rocas o piedras, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en:

✓ Agregado Fino.

La arena es el agregado fino, proveniente de la segregación natural o artificial de las rocas.

En el agregado fino, los granos de superficie áspera y que forman ángulos se adhieren mejor y dan más resistencia que los de superficie lisa y formas redondeadas.

Para la selección del agregado fino es todo aquel material que pasa el tamiz normalizado 9.50 mm (3/8") y queda retenido en la malla 0.075 mm (N° 200). Por ello, la norma NTP 400.037 especifica los requerimientos para granulometría y calidad del agregado fino, asimismo el módulo de fineza no deberá ser menos 2.3 ni exceder a 3.1, ver **tabla 2.1**.

Tabla 2.1. Límites de Granulometría del agregado fino.

TAMIZ	ABERTURA DEL TAMIZ (mm)	LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR
3/8"	9.50	100%	100%
N° 4	4.75	100%	95%
N° 8	2.36	100%	80%
N° 16	1.18	85%	50%
N° 30	0.6	60%	25%
N° 50	0.3	30%	5%
N° 100	0.15	10%	0%
N° 200	0.075	5%	0%

Fuente: NTP 400.037

✓ **Agregado Grueso.**

Es el agregado proveniente de la desintegración de las rocas; puede a su vez calificarse en piedra chancada y grava.

Para la selección del agregado grueso es todo aquel material retenido en el tamiz normalizado 4.75 mm (N°4). Por ello, la norma NTP 400.037 establece de acuerdo al tamaño máximo nominal los siguientes límites para saber si dicho agregado cumple las especificaciones, tal como se muestra en la **tabla 2.2**.

Tabla 2.2. Límites de Granulometría del agregado grueso.

TAMIZ	ABERTURA DEL TAMIZ (mm)	LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR
1 1/2"	37.50	100%	100%
1"	25.00	100%	95%
3/4"	19.00	-	-
1/2"	12.500	60%	25%
3/8"	9.50	44%	18%
N° 4	4.75	10%	0%
N° 8	2.36	5%	0%

Fuente: NTP 400.037

2.2.1.4. Agua.

El agua es un componente esencial en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto (Abanto, 2009).

En la construcción, el agua es utilizada principalmente para que cumpla 2 funciones específicas en el concreto: la primera es la de ser parte de la mezcla de concreto a preparar, en la cual cumple la función de la hidratación del cemento; y la segunda es para asegurar la trabajabilidad y la buena compactación del concreto (Tengan Shimabukuro, 2011).

El agua al emplearse en la elaboración del concreto, deberá estar limpia y encontrarse libre de cantidades nocivos de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto o al acero (Fernández, 2011).

2.2.1.5. Propiedades del Concreto en Estado Fresco.

La propiedad del concreto en estado fresco se encuentra en un periodo comprendido desde cuándo es amasado hasta cuando se inicia el proceso de fraguado del cemento, debido a que posee las características y propiedades adecuadas para ser moldeable y fácilmente trabajable (Fernández, 2011).

a) Trabajabilidad

La trabajabilidad es una propiedad que no es mensurable dado que está referida a las peculiaridades y perfil del molde, a la cantidad y colocación del acero de refuerzo y elementos infiltrados, y al procedimiento empleado para compactar el concreto (Rivva Lopez, 1992).

b) 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 motero, lo cual genera cangrejeras en el concreto, esto generalmente ocurre al inadecuado mezclado y el excesivo vibrado de la compactación (Abanto, 2009).

c) Fraguado y endurecimiento.

El proceso de fraguado y endurecimiento es el resultado de reacciones químicas de hidratación entre los componentes del cemento, lo cual con lleva a una fase inicial de hidratación se llama fraguado, debido a estas reacciones de hidratación provocan el endurecimiento de la masa y que se caracteriza por un progresivo desarrollo de resistencias mecánicas (Acosta, 2009).

En condiciones normales un concreto portland normal, comienza con el fraguado de una mezcla lo cual pasa del estado fluido al sólido, asimismo definiendo, el fraguado no es sino una parte del proceso de endurecimiento, por ello es necesario colocar la mezcla en los moldes ante de que inicie el fraguado y de preferencia dentro de los primeros 30 minutos (Laínez & Martínez, 2012).

2.2.1.6. Propiedades del Concreto en Estado Endurecido.

Las propiedades del concreto en estado endurecido dependen tanto de los materiales empleados, así como de su edad, las condiciones de temperatura y humedad a las que ha sido sometido (Fernández, 2011).

a) Resistencia a compresión.

La resistencia a compresión del concreto, se logra definir como esfuerzo máximo que puede soportar una muestra de concreto a una carga de compresión axial, y por consiguiente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kgf/cm^2) a la edad de curado de 28 días y se le designa con el símbolo $F'c$. Según (Abanto,2009)

Es la capacidad de resistir cargas a compresión que realiza mediante ensayos normalizados en probetas cilíndricas de 15 cm de radio por 30 cm de altura, el procedimiento se describe en la norma ASTM C39, ver **figura 2.1** (Fernández, 2011).

La resistencia a la compresión se calcula de la siguiente manera:

$$RC = \frac{P}{A}$$

Donde:

RC = Resistencia a la compresión del cilindro en Kgf/cm^2

P = Carga máxima aplicada en Kg.

A = Área de la sección transversal en cm^2 .

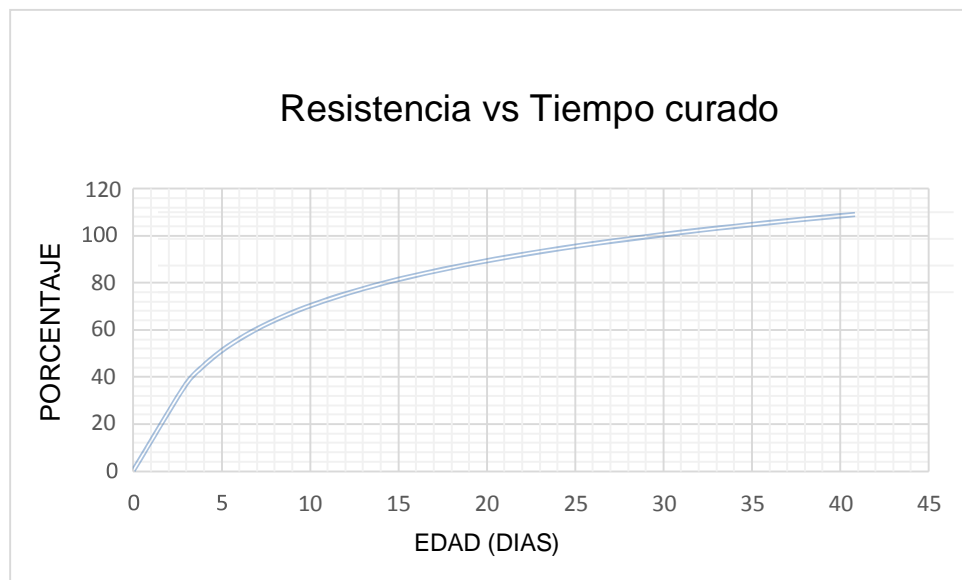
Figura 2.1. Ensayo de Resistencia a Compresión del Concreto.



Fuente: Rivera G. (2017)

La resistencia a compresión se expresa mediante un gráfico como la **figura 2.2** , donde se puede apreciar que a mayor tiempo de curado el concreto aumenta su resistencia, llegando a los 28 días ya con el 100% de resistencia a la compresión.

Figura 2.2. Curva de Evolución del Concreto.



Fuente: ASTM – C33

• **Factores que influyen sobre la Resistencia a la compresión del Concreto**

A continuación, se mostrarán los cambios en la Resistencia que puede ocasionar la variación de algunos de los componentes de la mezcla de concreto:

Influencia del tamaño máximo del árido

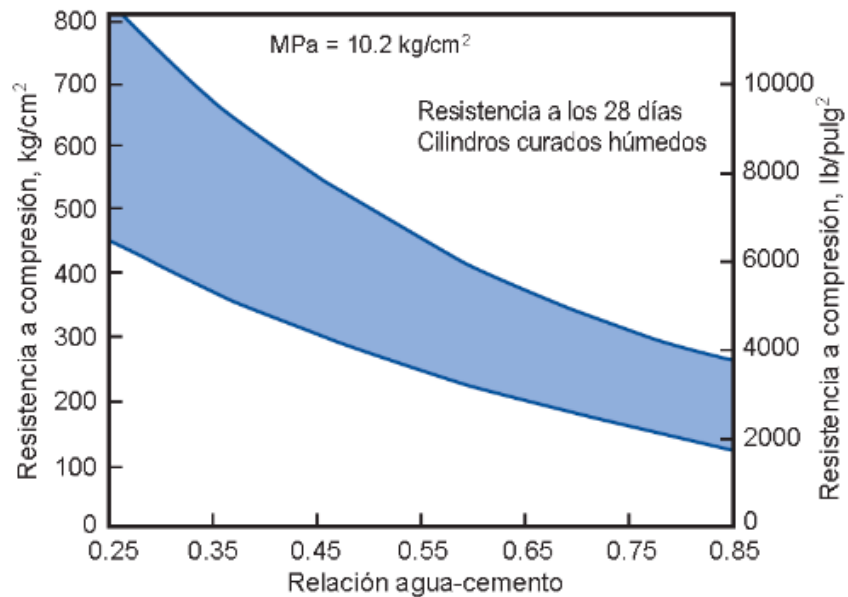
En un principio puede pensarse que cuanto mayor sea el tamaño máximo del árido menor será la superficie específica que presente y menor la cantidad de agua necesaria para su mojado y, por consiguiente, mayor la resistencia obtenida en el concreto, sin embargo, esto no ocurre así, sino que, dependiendo de la relación agua/cemento, existe una influencia más o menos negativa del tamaño del árido en el sentido que cuanto mayor sea este, menor será la resistencia del concreto (Fernández, 2011).

Relación Agua-Cemento

Es el factor principal que influye en la resistencia a la compresión del concreto, es importante tenerlo en cuenta durante el diseño de mezcla cuando tenemos agregados de forma cubica y rugosa ya que requieren mayor contenido de agua para obtener una buena manejabilidad (Corro & Ramos, 2015).

Por lo tanto, la resistencia a compresión depende principalmente de la relación a/c y de la tecnología de compactación, asimismo la disminución del agua de la mezcla propicia un aumento de la resistencia y reduce la porosidad, como se muestra en la **figura 2.3** (Abanto, 2009).

Figura 2.3. Influencia de la relación agua - cemento



Fuente: Abanto (2009)

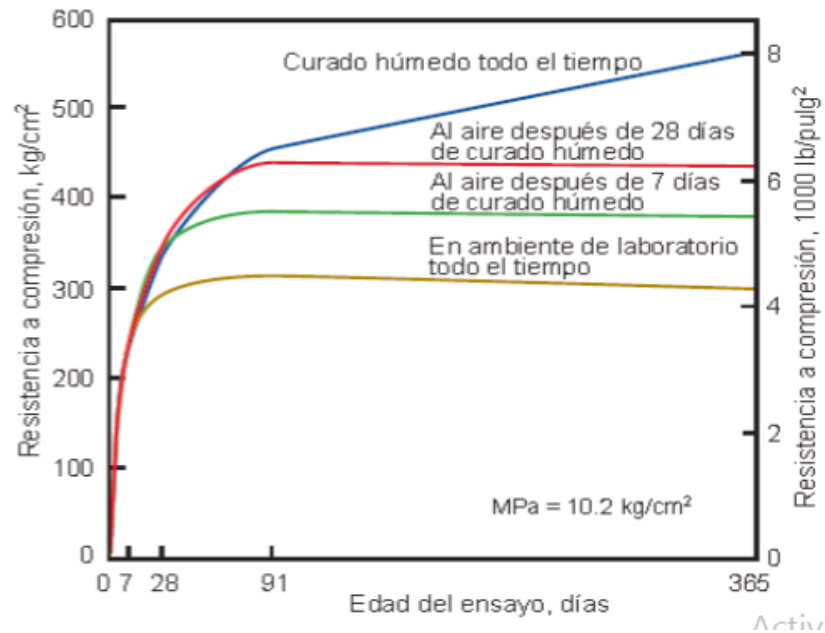
Contenido de Cemento

El cemento es el material más activo de la mezcla de concreto, sus características y la proporción dentro de la mezcla tienen una gran influencia en la resistencia del concreto, lo cual genera que a mayor proporción de cemento se puede obtener una mayor resistencia y a menor proporción menor resistencia (Corro & Ramos, 2015).

Curado del Concreto

Es fundamental el curado del concreto para mantener las superficies húmedas con el objetivo de reducir al mínimo la retracción plástica; asegurar una adecuada resistencia superficial, asimismo un curado deficiente o la falta total de curado pueden reducir la resistencia del concreto en la estructura, comparando con las probetas con curado normalizado, hasta en un 50% como se muestra en la **figura 2.4**. (Fernández, 2011).

Figura 2.4. Incremento de resistencia en el concreto con la edad mientras se
 cuente con humedad y temperatura favorables para la hidratación del cemento.

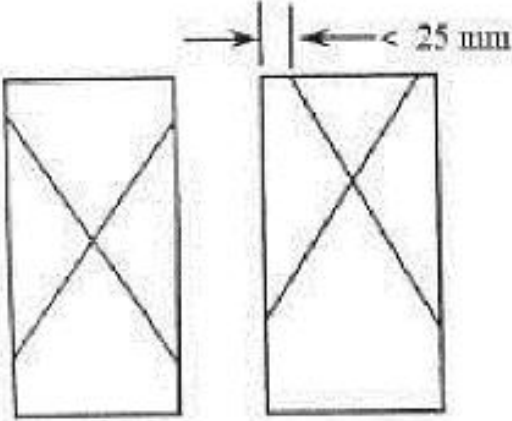
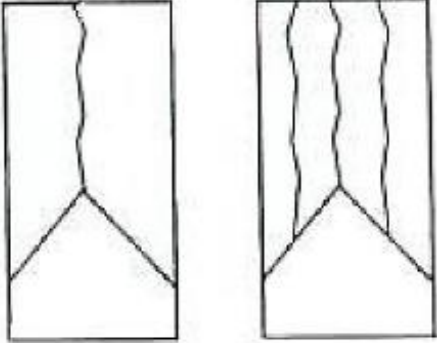



Fuente: Fernández (2011)

- Tipos de fracturas en el ensayo a la Resistencia a la compresión**


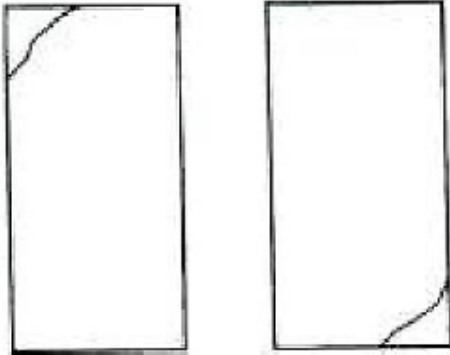

De acuerdo a la NTP 339.034, al aplicar la velocidad de carga continua y constante desde el inicio hasta producir la rotura de la probeta, la cual mostrará una fractura el cual se muestra en las siguientes **tablas 2.3 y 2.4.**

Tabla 2.3. Tipos de fracturas de las probetas formadas por el ensayo a la compresión parte 01

Tipos de Fracturas	Descripción
 <p data-bbox="675 958 751 992">Tipo 1</p>	<p data-bbox="1003 656 1375 824">Conos razonablemente bien formados en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.</p>
 <p data-bbox="675 1402 751 1435">Tipo 2</p>	<p data-bbox="1003 1115 1375 1328">Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base.</p>
 <p data-bbox="675 1865 751 1899">Tipo 3</p>	<p data-bbox="1003 1615 1375 1738">Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.</p>

Fuente: Norma peruana NTP 339.034

Tabla 2.4. Tipos de fracturas de las probetas formadas por el ensayo a la compresión parte 02

Tipos de Fracturas	Descripción
 Tipo 4	Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo 1.
 Tipo 5	Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente en las capas de embonado.
 Tipo 6	Similar al tipo 5, pero el terminal del cilindro es acentuado.

Fuente: Norma peruana NTP 339.034

b) Durabilidad del Concreto.

La durabilidad del concreto debe cumplir con su función de resistente y durable, a no ser que sea afectado por el medio en que se encuentra, aún en ambientes agresivos, si se eligen adecuadamente los materiales a emplear, pueden conseguirse resultados aceptables (Fernández, 2011).

El concreto debe ser capaz de endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo aún en aquellas circunstancias de exhibición que normalmente podrían reducir o hacerle perder su capacidad estructural (Rivva Lopez, 1992).

2.2.2. Diseño de Mezcla de Concreto.

El método del American Concrete Institute (ACI) se basa en tablas empíricas experimentales mediante las cuales nos permitan obtener valores de los diferentes componentes de la mezcla.

2.2.2.1. Método de Proporcionar mezclas de concreto de peso normal.

El método consiste en optimizar sistemáticamente la proporción de agregados finos y agregados gruesos como un solo material, lo cual con lleva a controlar la trabajabilidad de la mezcla de concreto, obteniendo la máxima compacidad de la composición de agregados mediante ensayos de laboratorio; asimismo adicionando agua al concreto se debe tener en cuenta la resistencia y durabilidad propiedad (Millones, 2008).

a) Consideraciones Básicas.

✓ Economía.

El costo del concreto depende de la suma de los materiales, sabiendo que el cemento es el más costo que los agregados, es claro que minimizar el contenido de cemento en el concreto es el factor más importante para reducir el costo del concreto (Laura, 2006).

✓ Trabajabilidad.

Un concreto apropiadamente diseñado debe permitir ser colocado y compactado adecuadamente con el equipo disponible, asimismo la segregación y sangrado deben ser minimizados, lo cual genera tener una trabajabilidad adecuada (Laura, 2006).

✓ **Resistencia y Durabilidad.**

El concreto es diseñado para una resistencia mínima a compresión, por lo cual también podrían imponer limitaciones adicionales en la relación agua/cemento (a/c), el contenido mínimo de cemento y en adición podría requerir el uso de aditivos; no necesariamente la resistencia a compresión a 28 días será la más importante, debido a esto la resistencia a otras edades podría controlar el diseño (Laura, 2006).

2.2.2.2. Información Requerida para el Diseño de Mezclas.

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

2.2.2.3. Pasos para el Proporcionamiento.

a) Especificaciones Técnicas.

Siempre se debe revisar los planos y especificaciones técnicas de obra, para encontrar todo el requerimiento para un diseño de mezcla de concreto y poder cumplir con ciertos requisitos durante su vida útil (Laura, 2006).

b) Elección de la Resistencia Promedio (f'_{cr}).

- **Cálculo de la desviación estándar.**

✓ **Método 1:**

El registro de los resultados de ensayos de resistencia en compresión, a partir del cual se calculará la desviación estándar (Rivva Lopez, 1992).

Según la norma ACI 211.1, si el registro posee de 3 ensayos consecutivos la desviación estándar se calculará aplicando la siguiente fórmula.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{(n - 1)}}$$

Donde:

- S es la desviación estándar, en Kgf/cm^2 .
- X_i es la resistencia de la probeta de concreto, en kgf/cm^2 .
- \bar{X} es la resistencia promedio de n probetas, en Kgf/cm^2 .
- n es el número de ensayos consecutivos de resistencia.

Según la norma ACI, si se posee dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos un registro de 30 ensayos consecutivos, la desviación estándar promedio se calculará con la siguiente formula:

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)(s_1)^2 + (n_2 - 1)(s_2)^2}{(n_1 + n_2 - 2)}}$$

Donde:

\bar{S} = Desviación estándar promedio en kgf/cm^2 .

s_1, s_2 = Desviación estándar calculada para los grupos 1 y 2 en kg/cm^2 .

n_1, n_2 = Número de ensayos de cada grupo, respectivamente.

✓ **Método 2:**

Si se posee un registro de 15 a 29 ensayos consecutivos, se calculará la desviación estándar “s” correspondiente a dichos ensayos y se multiplicará por el factor corrección indicado en la **tabla 2.5.**, para obtener el nuevo valor de “s” (Laura, 2006).

Tabla 2.5. Factores de Corrección

Muestras	Factor de Corrección
Menos de 15	Usar tabla 2.2
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1.00

Fuente: ACI 211

- **Cálculo de la Resistencia Promedio Requerida.**

La resistencia a compresión promedio requerida, la cual ha de utilizar como base para la clasificación de las proporciones de la mezcla de concreto, deberá ser el mayor de los valores obtenido a partir de la de las ecuaciones (1) y (2) que se muestra en la **tabla 2.6.** (Rivva Lopez, 1992).

Tabla 2.6. Ecuación para la resistencia promedio requerida

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34s \dots\dots\dots (1)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33s - 35 \dots\dots\dots (2)$$

Fuente: ACI 318

Donde:

- f'_{cr} = Resistencia promedio requerida, para asegurarse de que sólo aquella porción permisible de pruebas caerá por debajo de la resistencia especificada.
- f'_c = Resistencia especificada
- S = Desviación estándar en Kg/cm².

Asimismo, Laura (2006) asumiendo si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utiliza la **tabla 2.7.**, para la determinación de la resistencia promedio requerida.

Tabla 2.7. Resistencia a la Compresión Promedio

f'_c	f'_{cr}
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 85$
Sobre 350	$1.10 f'_c + 50$

Fuente: ACI 211

c) Elección del Asentamiento (Slump).

Según Laura (2006), el asentamiento puede ser elegido de la siguiente **tabla 2.8.** Y **tabla 2.9.**

Tabla 2.8. Consistencia y Asentamiento

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0mm) a 2" (50mm)
Plástica	3" (75mm) a 4" (100mm)
Fluida	≥ 5" (1250mm)

Fuente: ACI 211

Tabla 2.9. Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción

Tipos de Construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimientos y zapatas reforzadas	7.5	2.5
Muros de sub estructuras, cajones y zapatas sin refuerzo	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas de edificios	10	2.5
Losas y pavimentos	7.5	2.5
Concreto masivo	7.5	2.5

Fuente: ACI 211

d) Selección de Tamaño Máximo del Agregado.

Según la Norma ACI 211, el tamaño máximo de agregados debe ser el mayor disponible económicamente y tener relación con las dimensiones de la estructura, asimismo en ningún caso el tamaño máximo debe exceder:

- 1/5 de la menor dimensión entre los costados de los moldes.
- 1/3 del espesor de las losas.
- 3/4 del espacio libre mínimo entre varillas de refuerzo individuales, paquetes de varillas o torones de pretensado.

e) Selección del Agua de Mezclado y el Contenido el Aire.

Según la norma ACI 211, proporciona la cantidad de agua (en kgf/m²) y el porcentaje de aire atrapado en la **tabla 2.10**.

Tabla 2.10. Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales recomendados.

Slump	Tamaño Máximo de Agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con Aire Incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----
% de Aire Incorporado en función del grado de exposición								
Normal	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Moderada	8	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Extrema	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: ACI 211

f) Selección de la Relación Agua/Cemento (a/c) por Resistencia

Según Rivva Lopez (1992), considera que una de las etapas fundamentales en la selección de las proporciones de una mezcla de concreto es la elección de la relación agua/cemento adecuada, para alcanzar una resistencia, durabilidad y requisitos de acabado del mismo.

• Resistencia

Para concretos preparados con cemento Portland Tipo I, puede tomarse la relación A/c de la **tabla 2.11**.

Tabla 2.11. Relación a/c y resistencia a la compresión del concreto.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (F'cr) (Kg/cm ²)	RELACIÓN AGUA/CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	--
400	0.43	--
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Laura (2006)

g) Cálculo del contenido de cemento.

Según Rivva Lopez (1992), explica que conociendo el volumen unitario de agua por unidad volumen del concreto y la relación a/c seleccionada, se puede determinar el factor cemento por unidad cubica del concreto.

$$\text{Contenido de cemento} \left(\frac{kg}{m^3} \right) = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado} \left(\frac{lbs}{m^3} \right)}{\text{Relación } \frac{a}{c} \text{ (para } f'cr)}$$

$$\text{Volumen de cemento} (m^3) = \frac{\text{Contenido de cemento} (kg)}{\text{Peso específico del cemento} (kg/m^3)}$$

h) Elección de Agregado Grueso y Agregado Fino.

Según Laura (2006), determina el contenido el tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino, mediante la Norma ACI 211.

Según la Norma ACI 211, para calcular la cantidad de agregado para un metro cúbico de concreto se puede obtener así:

$$\text{Peso seco del A. grueso} \left(\frac{kg}{m^3} \right) = \frac{b}{b_0} \times (\text{Peso unitario compactado del A. grueso})$$

Los volúmenes del agregado grueso y fino serán

$$\text{Vol. agregado grueso} (m^3) = \frac{\text{Peso seco del A. grueso}}{\text{Peso específico del A. grueso}}$$

$$\text{Vol. agregado fino} (m^3) = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. cemento} + \text{vol. agregado grueso})$$

Por consiguiente, el peso seco del agregado fino Será

$$\text{Peso agregado fino} (kg/m^3) = (\text{Vol. agregado fino})(\text{Peso específico del agregado fino})$$

i) Humedad y Absorción

Según Laura (2006), considera que el contenido de agua añadida para formar la pasta será afectado por el contenido de humedad de los agregados, por lo tanto, para estos efectos se deberá tomar en cuenta la siguiente formulas:

$$\text{Agregado Grueso} \begin{cases} \text{Humedad} = \%W_g \\ \% \text{ absorción} = \% a_g \end{cases}$$

$$\text{Agregado Fino} \begin{cases} \text{Humedad} = \%W_f \\ \% \text{ absorción} = \% a_f \end{cases}$$

Pesos de agregado húmedos:

$$\text{Peso A. grueso húmedo (kg)} = (\text{Peso A. grueso seco}). \left(1 + \frac{\%W_g}{100} \right)$$

$$\text{Peso A. fino húmedo (kg)} = (\text{Peso A. fino seco}). \left(1 + \frac{\%W_f}{100} \right)$$

Agua efectiva:

$$\text{Agua en agregado grueso} = (\text{Peso A. grueso seco}). \left(\frac{\%W_g - \%a_g}{100} \right) = X$$

$$\text{Agua en agregado fino} = (\text{Peso A. fino seco}). \left(\frac{\%W_f - \%a_f}{100} \right) = Y$$

$$\text{Agua efectiva (Lts)} = \text{Agua de diseño} - (X + Y)$$

j) Cálculo de las proporciones en peso

$$\text{Cemento: Agregado fino : Agregado grueso / Agua}$$

$$\frac{\text{Peso cemento}}{\text{Peso Cemento}} : \frac{\text{Peso A. fino húmedo}}{\text{Peso cemento}} : \frac{\text{Peso A. grueso húmedo}}{\text{Peso cemento}} / \frac{\text{Agua efectiva}}{\text{Peso cemento}}$$

k) Mezclado del Concreto

Todo concreto se debe mezclar totalmente hasta que obtenga una apariencia uniforme, con todos sus ingredientes equivalentemente distribuidos (Carrasco, 2012).

• Transporte

Las máquinas para el transporte y manejo del concreto están mejorando continuamente para elaborar un trabajo más eficiente, de esta manera tiene ciertas ventajas y desventajas, dependiendo de la zona en que se encuentra la obra (Carrasco, 2012).

• Colocación

Los procedimientos de colocación son muy importantes porque transportan a un buen desempeño del concreto, para ello es obligatorio que se cuente con gente experimentada en este campo de la construcción (Pérez, 2009).

Para evitar segregación, se procura no mover el concreto horizontalmente a largas distancias mientras se llega a colocar correctamente los encofrados o en las losas (Carrasco, 2012).

• Curado

El curado es uno de los procesos fundamentales para prevenir la evaporación del agua en el concreto, conservando una humedad adecuada y a temperatura favorable en el concreto, especialmente durante los primeros días, para que así se pueda llegar a la resistencia deseada (Pérez, 2009).

Con el curado adecuado, hace que el concreto tenga mayor durabilidad y resistencia, si no se efectúa el curado del concreto en forma frecuente es posible que la resistencia no llegue a la ser la especificada y se disminuye en más de un 25% de la resistencia específica (Simba Cumbajín, 2007).

2.2.3. Permeabilidad del Concreto

La permeabilidad es una propiedad que permite la filtración de un fluido sin alterar su estructura interna, a través de los espacios interconectado en el concreto, asimismo un concreto en cuanto más poroso sea, será más permeable y obtendrá una posibilidad de absorción capilar más importante (Pérez, 2009).

La permeabilidad se puede decretar directamente mediante la ley de Darcy o relacionadas utilizando tablas empíricas derivadas a ella, quien experimentalmente comprobó que el caudal de agua por unidad de superficie que atravesaba un sólido poroso era proporcional al gradiente de presión entre las dos caras del mismo, ver **tabla 2.12**. (Bustamante, 2017).

Tabla 2.12. Clasificación de la permeabilidad del concreto

Tipo de Concreto	Coefficiente Darcy K (m/s)
Concreto de baja permeabilidad	$<10^{-12}$
Concreto de mediana permeabilidad	10^{-10} a 10^{-12}
Concreto de alta permeabilidad	$>10^{-10}$

Fuente: SIKA

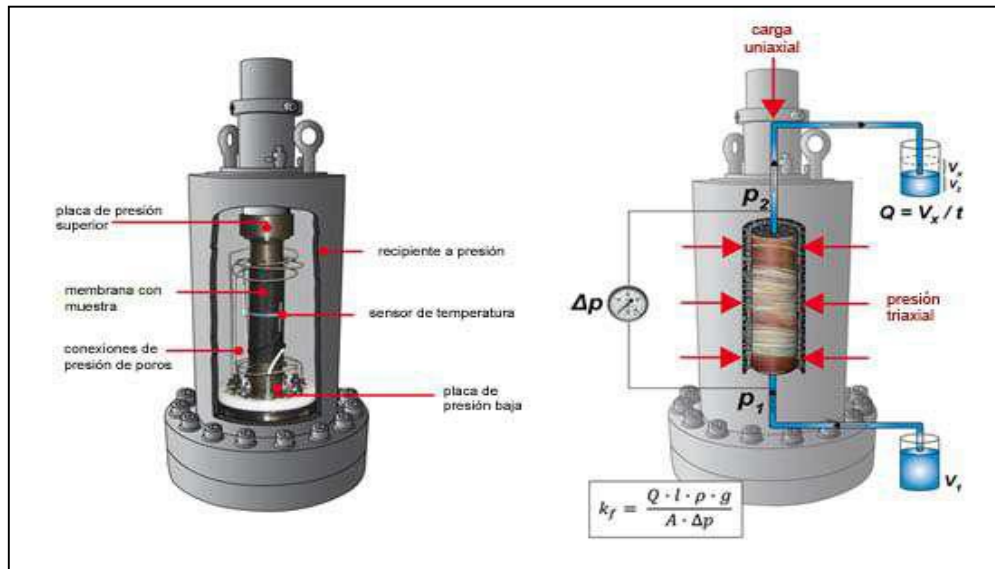
2.2.3.1. Método para Medir la Permeabilidad

El método para medir la permeabilidad del concreto se evalúa a partir de un término de presión hidrostática sobre una de las caras y pertenece a la velocidad o al caudal de agua que traspasa el material debido justamente a la diferencia de presión entre la cara en unión con el agua y la que no está (Hermida, 2013).

Según Bustamante (2017), para la medición de la permeabilidad en el concreto, hay normativas las cuales son precisos en su medición:

- El CRC C 163 92, es un método estándar para permeabilidad al agua del concreto usando celda triaxial, normado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos. Este ensayo permite determinar la permeabilidad al agua del concreto utilizando una triaxial celular, para flujos en un medio permeable, ver **figura 2.5**.

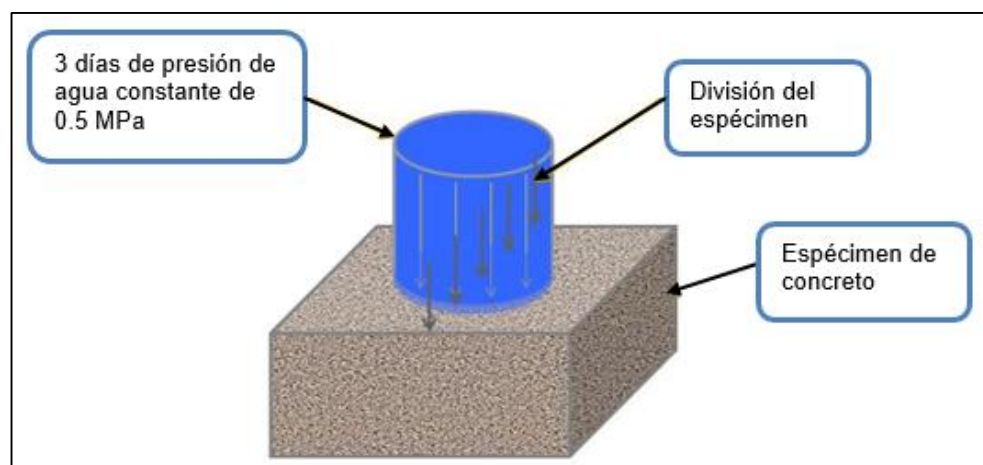
Figura 2.5: Esquema de una celda triaxial



Fuente: Bustamante (2017).

- El DIN 1048, esta norma alemana similar a la EN 12390-8, da una medición de la resistencia del concreto contra la penetración de agua a los 28 días de la elaboración de especímenes. Estos, son expuestos a una presión de agua de 0,5 MPa (72,5 psi, 5 bar) durante un período de tres días, posteriormente se contrasta si fallaron al ensayo si el agua penetra a través de la superficie opuesta o por medio de los lados. Después de haber terminado el ensayo, las muestras se cortan y se miden la profundidad de penetración de agua, ver **figura 2.6**.

Figura 2.6 Esquema de realización de ensayo DIN 1048



Fuente: Bustamante (2017)

2.2.4. Relave

2.2.4.1. Definición

El relave es de naturaleza polimetálica sulfurado, con alto implícito de metales pesados de cobre, plomo, zinc, hierro, cadmio, arsénico (Ramos & Torres, 2014).

Se definen como el desecho mineral sólido de tamaño entre arena y limo resultantes del proceso de flotación que son subproductos de procesos mineros, las cuales son transportados o almacenados en forma de lodo y el agua es recuperada o evaporada (Calderon & Umiña, 2015).

Los relaves tanto, es su transcurso de flotación como de la planta de recuperación de agua, son transportados a cercados de relaves en donde se recolectan bajo condiciones determinadas de acuerdo con las disposiciones sobre el control ambiental (Ampuero, Castañeda, & Lezama, 2015).

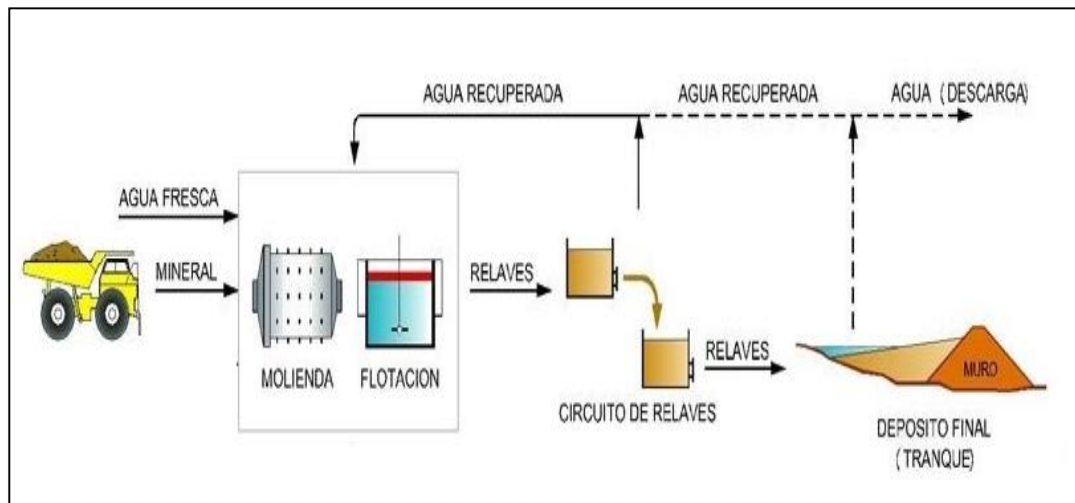
2.2.4.2. Origen y Obtención del relave Flotación

El proceso que genera relave minero (ver **figura 2.7.**), se obtienen a partir del proceso de flotación que consiste en un método físico químico donde la concentración de minerales posteriormente molidos, a través de la adherencia de las partículas de metal a burbujas de aire, las cuales emergen a la superficie de la pulpa (Relave con agua) junto con el metal formando una espuma o nata que es recogida mientras que los otros materiales se encuentran sumergidos. (Estudios Mineros del Perú S.A.C ,2006).

Según la Guía **Ambiental Para el Manejo de Relaves Minero**, los residuos de reactivos utilizados en flotación acompañan tanto a los relaves sólidos como a los líquidos descargados con los relaves, los reactivos de flotación pueden ser cal, ditiofosfatos, xantatos, cromatos, sulfitos, sulfato de cobre, sulfato de zinc, entre otros, dependiendo del requerimiento metalúrgico específico de cada operación, con la excepción del cianuro, la mayoría de los demás reactivos de flotación existen en formas no tóxicas para los humanos y la vida acuática.

Anicama (2010), explica que los revalos son los residuos resultantes del proceso de recuperación selectivo de ciertos minerales, sin embargo cabe señalar que los relaves reciben un tratamiento continuo para que, una vez que la mina finaliza sus operaciones, pueden reposar en la zona donde fueron ubicados sin alterar el ambiente.

Figura 2.7 Proceso de Flotación de relave



Fuente: Estudios Mineros del Perú S.A.C (2006)

2.2.4.3. Ubicación del Depósito de Relaves Alpamarca

- El depósito de relaves Alpamarca se encuentra en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, región de La Libertad, como se puede ver en la **figura 2.8**.
En la **figura 2.9**, se puede apreciar la forma en la que está almacenada y la estructura en la que se encuentra.

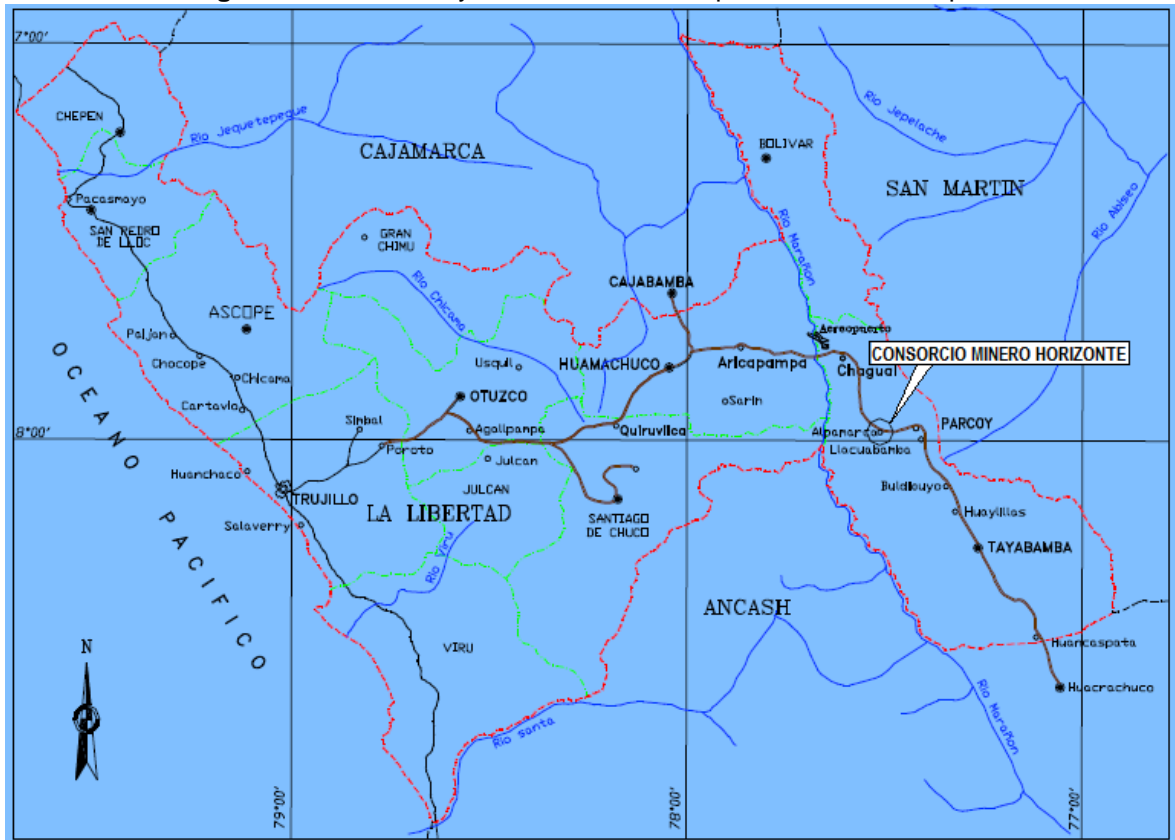
2.2.4.4. Accesibilidad del Depósito de Relaves Alpamarca

- El acceso por vía terrestre se realiza a través de la panamericana norte Lima – Trujillo, de Trujillo se continúa por la ruta Trujillo – Huamachuco – Retamas.
- Por vía aérea se realiza entre la ciudad de Lima y el aeródromo de Pías, ubicado a 1 hora de las instalaciones mineras

2.2.4.5. Coordenadas del Depósito de Relaves Alpamarca

- 7°57'44.5"S
- 77°30'33.0"W

Figura 2.8. Ubicación y vías de acceso a depósito de relaves Alpamarca.



Fuente: CMH 2018

Figura 2.9 Vista Panorámica de las laderas de depósito de relaves Alpamarca.





Fuente: Los autores (2018)

2.2.4.6. Propiedades Físicas

El relave minero puede dar término a dos clases esenciales del material: arenas almacenadas mediante dispositivos hidráulicos y limos depositados mediante procesos de sedimentación (Rojas, 2012).

- **Granulometría**

La granulometría va a determinar el posible aprovechamiento o la calidad de los residuos, especialmente sobre el tamaño de las partículas sólidas, como se puede observar en la **tabla 2.13**. (Llique, 2014).

Tabla 2.13. Propiedades granulométricas de los relaves mineros.

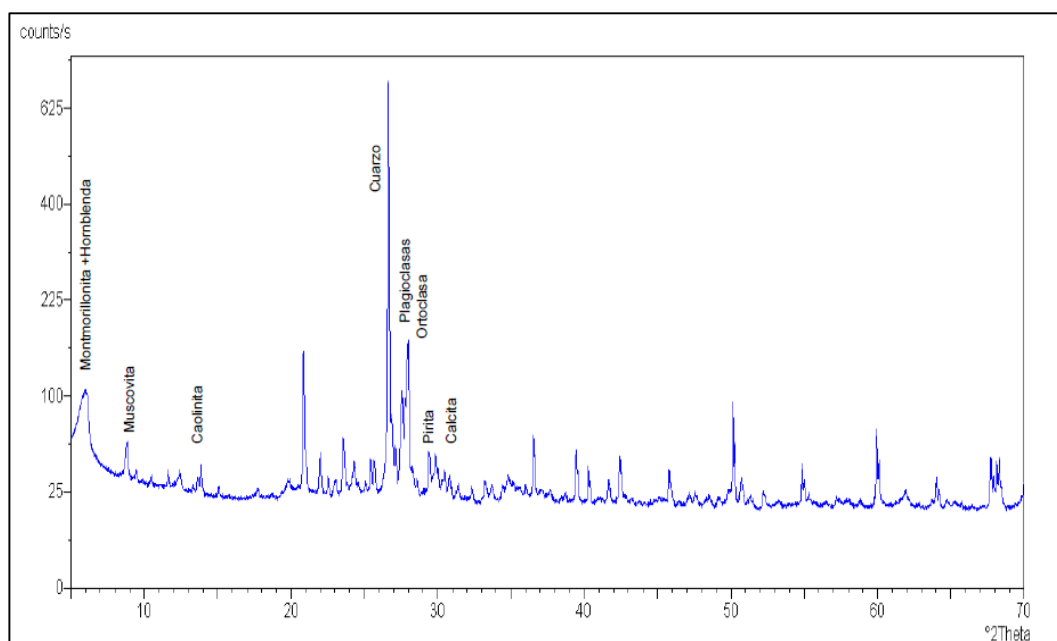
Granulometría	% de Paso	Calidad
Gruesos	0 – 15 % menor de 74 ppm (micrómetro)	Buenos
Medios	15 – 50 % menor de 74 ppm	Generalmente bueno
Finos	50 – 80 % menor de 74 ppm	Cuestionables
Limos	100% menor de 74ppm y 25% menor de 200ppm	Almacenado por presas convencionales

Fuente: Llique (2014)

2.2.4.7. Análisis mineralógicos de difracción de rayos X

Según SRK Consulting S.A. (2017), explica que los estudios mineralógicos identifican los minerales de una muestra a través de microscopios ópticos, láser y difracción de rayos-X (ver **figura 2.10.**), asimismo nos da información de los minerales presentes con sus concentraciones en porcentaje y sus difractogramas, que es muy útil para observar el contenido de minerales en una muestra.

Figura 2.10. Difractograma de Rayos X, Depósito Alpamarca (Relaves)



Fuente: Laboratorio IMMA-UNI, Enero (2017)

Características mineralógicas de muestras

En la **tabla 2.14.**, presenta las composiciones mineralógicas de la muestra de relave minero (Presa de relave Alpamarca), que fue sometida al análisis de difracción de rayos X (SRK Consulting S.A., 2017).

Tabla 2.14. Análisis Mineralógico por DFX de relave

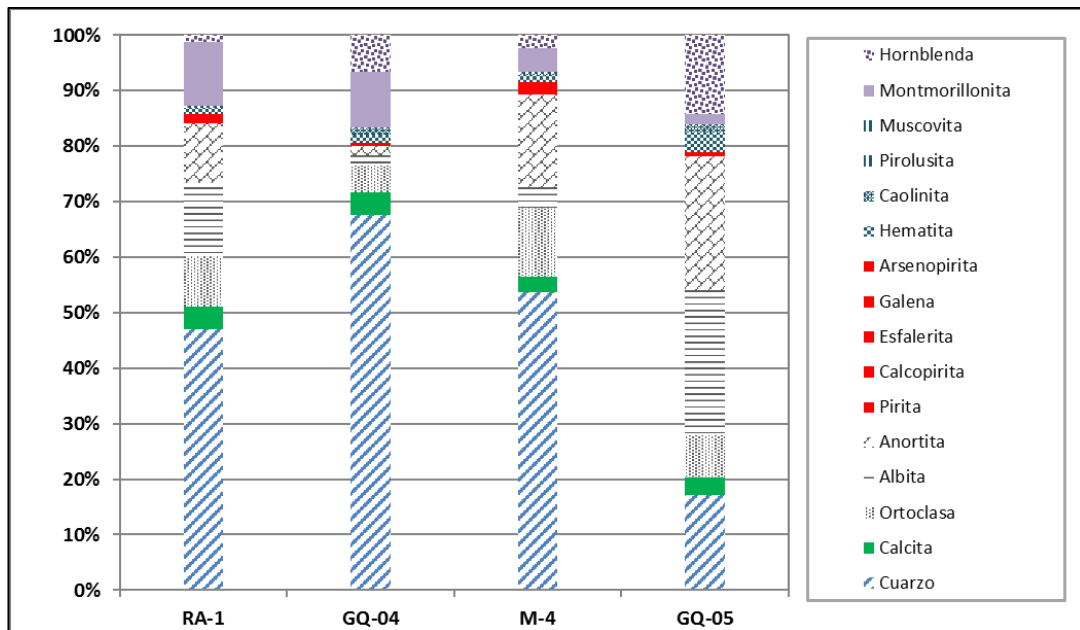
Fórmula	Composición Mineralógica	Muestras de Relave GQ-04 ⁽¹⁾
SiO ₂	Cuarzo	67.62
CaCO ₃	Calcita	4.10
K(AlSi ₃ O ₈)	Ortoclasa	4.73
Na(AlSi ₃ O ₈)	Albita	1.95
Ca(Al ₂ Si ₂ O ₈)	Anortita	1.60
FeS ₂	Pirita	0.359
CuFeS ₂	Calcopirita	0.003
ZnS	Esfalerita	0.015
PbS	Galena	0.015
FeAsS	Arsenopirita	0.14
Fe ₂ O ₃	Hematita	1.55
Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	Caolinita	1.10
MnO ₂	Pirolusita	0.09
KAl ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂	Muscovita	0.13
Na _{0.3} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ xH ₂ O	Montmorillonita	9.90
Ca ₂ (Mg,Fe,Al) ₅ (Al,Si) ₈ O ₂₂ (OH) ₂	Hornblenda	6.70

Fuente: Laboratorio IMMA-UNI, Enero (2017)

Estudio de Estabilidad Física y Química del Depósito de Relave Alpamarca, SRK (2017)

En la **figura 2.11.**, se representa gráficamente para un mayor entendimiento de las concentraciones de minerales en la muestra.

Figura 2.11. Contenido de Minerales en %Peso



Fuente: SRK, 2017

Según SRK (2017), respecto a la muestra de relave, este presenta un contenido mayoritario de cuarzo con un contenido de 67.62%, el resto de minerales arcillosos, tales como Montmorillonita, Caolinita, Muscovita y Hornblenda es de 17.83%(GQ-04). Asimismo, existe mínima presencia de minerales ácido generadores (sulfuros) con un contenido global variables (GQ-04: 0.53%). Por otro lado, el contenido de minerales como Calcita, presenta un contenido porcentual (4.10%).

2.3. Hipótesis

La sustitución del agregado fino por relave minero mantiene o incrementa la resistencia a compresión y disminuye la permeabilidad de un concreto de bajo tránsito ($F'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$), elaborado con cemento tipo MS, en el distrito de Parcoy - La Libertad en el año 2018.

Tabla 2.15. Componentes Metodológicos y Referenciales de la Hipótesis.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
La sustitución del agregado fino por relave minero mantiene o incrementa la resistencia a compresión y disminuye la permeabilidad de un concreto de bajo tránsito ($F'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$), elaborado con cemento tipo MS, en el distrito de Parcoy - La Libertad en el año 2018.	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
	V.I: % Relave Minero			Laboratorio de QCE S.A.C. – Trujillo	
	V.D1: Resistencia a la Compresión	Concreto de bajo tránsito ($F'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$), elaborado con cemento tipo MS	Incrementa		Año 2018
	V.D2: Permeabilidad del Concreto		Disminuye	Laboratorio de SIKA - Lima	

Fuente: Los autores (2018).

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de Variables

3.1.1. Variable Independiente (V.I)

- % Relave Minero

3.1.2. Variable Dependiente (V.D)

- Resistencia a la Compresión (kgf/cm²)
- Permeabilidad (mm)

Tabla 3.1: Matriz de Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Resistencia a la Compresión	La resistencia a la compresión es la capacidad que tiene el concreto para soportar cargas que se apliquen sin agrietarse o romperse.	La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión y se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de kgf/cm ² .	% Relave Minero respecto al peso del agregado fino	- 0% - 5% - 10% - 15%
			Curado	- 7 días - 14 días - 28 días
Permeabilidad del Concreto	La capacidad que conserva un material permitirle a un flujo que atraviese su estructura interna sin modificarla.	La permeabilidad se mide sobre medios saturados. En el caso del concreto este debe estar saturado para poder medir la permeabilidad que se expresa en términos de m ³ /(m ²), es decir en m/s.	Ensayo de Penetración de agua	- 0% - 5% - 10% - 15%
			Curado	- 28 días

Fuente: Los autores (2018).

3.2. Diseño de Investigación

La presente investigación es de tipo **Experimental**, con un diseño **Cuasi Experimental** debido a que el experimentador no puede asignar al azar los sujetos a los grupos experimentales y de control. Sin embargo, puede controlar cuestiones como cuándo aplicar la variable independiente o tratamiento y cuál de los grupos recibirá el tratamiento.

Diseño Experimental con solo Post-prueba

G₁: X O₁

G₂: - O₂

Donde:

- **G₁**: Grupo Experimental (Especímenes de concreto de 15cm x 30cm)
- **G₂**: Grupo Control (Especímenes de concreto de 15cm x 30cm)
- **X**: Variable independiente o tratamiento experimental (% Relave minero)
- **-**: Ausencia de variable independiente o tratamiento experimental
- **O₁ y O₂**: Post-prueba o medición posterior al tratamiento experimental

El grupo O1 está formado por probetas cilíndricas de concreto elaboradas con cemento tipo MS con porcentajes de 5%, 10% y 15% de sustitución del agregado fino por relave minero, luego serán sometidos a ensayos de resistencia a la compresión y permeabilidad y la O2 son probetas que se aplica los mismos ensayos, pero sin adicionar relave minero.

3.3. Unidad de Estudio

Especímenes de concreto con y sin adición de relave minero, según la norma NTP 339.034 y la norma UNE-EN 12390-8.

3.4. Población

Los especímenes cilíndricos de concreto de Ø=15 cm y H= 30 cm y a los especímenes de concreto de Ø=15 cm y H= 15 cm. Según las normas NTP 339.034 y UNE-EN 12390-8.

3.5. Muestra

Para nuestra investigación, el tamaño de muestra se obtuvo mediante la fórmula siguiente:

$$n_0 \geq \frac{Z^2 S^2}{E^2}$$

Donde:

- n_0 = Tamaño de la muestra
- Z = Valor en base al nivel de confianza
- S = Desviación estándar de la variable de estudio
- E = Porcentaje de precisión o error

Z = tendrá un valor de 1.96 por el nivel de confianza de 95%. Este porcentaje es elegido debido a que nos da un equilibrio entre la precisión y la confiabilidad de los datos. Además, excederse de este valor los costos del proyecto aumentaría por la cantidad de probetas a realizar. (Ver **tabla 3.2**).

Tabla 3.2. Valores de la distribución normal Estandarizada

Error (Tipo I): Puede ser Bilateral o Unilateral			
Nivel de confianza (1-α)	Error (α)	Valor Z	
		Bilateral	Unilateral
90%	0.10	1.64	1.28
95%	0.05	1.96	1.64
99%	0.01	2.57	2.32
Error (Tipo II): Siempre es unilateral			
Poder (1-β)	Error (β)	Valor Z	
80%	0.20	0.842	
90%	0.10	1.282	
95%	0.05	1.645	
99%	0.01	2.326	

Fuente: Manual de Estadística UPN (2016)

En los ensayos de resistencia a la compresión, de acuerdo a los resultados de Anicama (2010) se consideró una desviación estándar de 6.274 kgf/cm². Se estimó un error de 5% aplicado al promedio de los resultados, obteniendo 10.66 kgf/cm².

La muestra queda expresada de la siguiente manera:

$$n_0 = \frac{1.96^2 6.274^2}{10.66^2} = 1.33 \approx 2$$

Se elaborarán 2 probetas cilíndricas de concreto como mínimo, por lo tanto, la muestra total será de 84 especímenes de concreto de $\varnothing=15$ cm y H= 30cm, ver **tabla 3.2**.

Tabla: 3.3. Probetas de Concreto a elaborar para la evaluación de la Resistencia a la Compresión

PROBETAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS	TOTAL
Concreto Patrón	6	6	9	21
+ 5% Relave	6	6	9	21
+ 10% Relave	6	6	9	21
+ 15% Relave	6	6	9	21
TOTAL				84

Fuente: Los autores (2018).

En los ensayos de Permeabilidad, de acuerdo a los resultados de Contreras & Peña (2017) se consideró una desviación estándar de 4.95 mm. Se estimó un error de 10% aplicado al promedio de los resultados, obteniendo 5.95mm.

La muestra queda expresada de la siguiente manera:

$$n_0 = \frac{1.65^2 4.95^2}{5.95^2} = 1.88 \approx 2$$

Se elaborarán 2 probetas cilíndricas de concreto como mínimo, por lo tanto, la muestra total será de 8 especímenes de concreto de $\varnothing=15$ cm y H= 15cm, ver **tabla 3.3**.

Tabla 3.4. Probetas de Concreto a elaborar para la evaluación de la Permeabilidad

PROBETAS	TOTAL
Concreto Patrón	2
+ 5% Relave	2
+ 10% Relave	2
+ 15% Relave	2
TOTAL	
	16

Fuente: Los autores (2018).

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

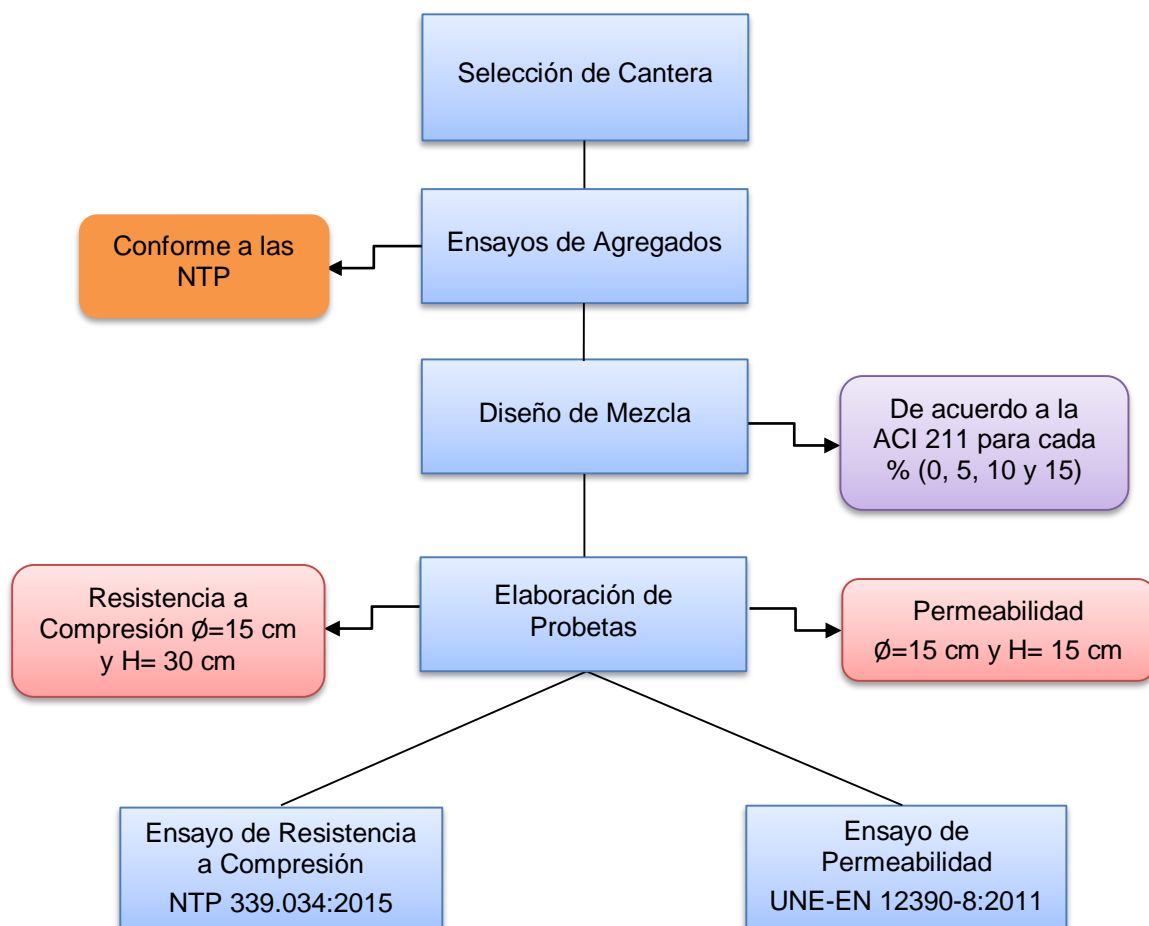
3.6.1. Técnicas e instrumentos

La principal técnica es la observación, el cual nos facilitará a obtener información y resultados más confiables de los ensayos que se van a realizar. Los datos obtenidos serán transcritos en una hoja de Excel.

De esta manera, el instrumento correspondiente a la técnica de observación, es la guía observación, con los datos de las variables independientes correspondiente a los indicadores establecidos en la **Tabla 3.1**.

Finalmente, en la **Figura 3.1**. Se muestra un Diagrama de Flujo, con el detalle de procedimientos realizados para obtener los datos necesarios para validar nuestros resultados.

Figura 3.1. Diagrama de flujo para recolección de datos



Fuente: Los autores (2018).

3.6.2. Procedimiento de recolección de datos.

3.6.2.1. Selección de Cantera

La cantera de donde se extrajeron las muestras de los agregados para realizar los ensayos y para la elaboración de las probetas de concreto, es de la cantera Pías en concesión de consorcio minero horizonte.

Dicha cantera se encuentra ubicada a 350 km al sureste de la ciudad de Trujillo, colinda por el oeste y sur con el distrito de Parcoy, Provincia de Pataz. La cantera tiene como principales productos: Grava y Arena Gruesa.

Para la selección de la cantera Pías, se realizó en base a su disposición de transporte, extracción y la producción del agregado solicitado.

El depósito de relaves Alpamarca se encuentra en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, región de La Libertad. El acceso por vía terrestre se realiza a través de la panamericana norte Lima – Trujillo, de Trujillo se continúa por la ruta Trujillo – Huamachuco – Retamas.

3.6.2.2. Ensayos de los agregados

3.6.2.2.1 Contenido de humedad - NTP 339.185:2013

Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado.

❖ Equipos e Instrumentos:

- ✓ **Balanza:** Con sensibilidad al 0,1% del peso de prueba en cualquier punto dentro del rango de uso.
- ✓ **Puente de calor:** Un horno ventilado capaz de mantener la temperatura alrededor de la muestra a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- ✓ **Recipiente para la muestra:** Un envase que no sea afectado por el calor y con suficiente capacidad para contener la muestra sin peligro de derramarse.

❖ Procedimiento:

- ✓ Determinar la masa de un recipiente limpio y seco registrado.
- ✓ Colocar la muestra de agregado en el recipiente, e inmediatamente determinar y registrar su masa con una precisión de 0.1%.
- ✓ Colocar la muestra de agregado y el recipiente en un horno microondas y encenderlo.

- ✓ Después que el tiempo prefijado haya pasado (24 horas), remover el recipiente y determinar la masa de la muestra seca con una aproximación de 0.1%.

Tabla 3.5. Tamaño de la muestra del agregado

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg).	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg.
4,75 (0.187)(No.4)	0,5
9,5 (3/8)	1,5
12,5 (1/2)	2,0
19,0 (3/4)	3,0
5,0 (1)	4,0
37,5 (1 ½)	6,0
50,0 (2)	8,0
63,0 (2 ½)	10,0
75,0 (3)	13,0
90,0 (3 ½)	16,0
100,0 (4)	25,0
150 (6)	50,0

Fuente: NTP 339.185:2013

3.6.2.2.2 Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global - NTP 400.012:2013

Esta Norma Técnica Peruana se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para su uso como agregados o los que están siendo utilizados como tales. Los resultados serán utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos que exige la especificación técnica de la obra y proporcionar los datos necesarios para el control de la producción de agregados.

❖ Equipos e Instrumentos:

- ✓ **Balanzas:** Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado fino, grueso y global.
- ✓ **Tamices:** Los tamices serán montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado. Los tamices cumplirán con la NTP 350.001.
- ✓ **Horno:** Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

❖ **Procedimiento:**

- ✓ Secar la muestra a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- ✓ Acoplar los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y colocar la muestra sobre el tamiz superior.
- ✓ Zarandear los tamices manualmente por un período suficiente que garantice una adecuada distribución del agregado.
- ✓ Limitar la cantidad de material sobre el tamiz utilizado de tal manera que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar la abertura del tamiz un número de veces durante la operación de tamizado.
- ✓ Continuar el tamizado por un período suficiente, de tal manera que al final no quede más del 1 % de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 min de tamizado manual.
- ✓ Determinar la masa de cada incremento de medida sobre una balanza aproximando al 0,1 % más cercano de la masa total original de la muestra seca. La masa total de material luego del tamizado deberá ser verificada con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz. Si la cantidad difiere en más de 0,3 %, sobre la masa seca original de la muestra, el resultado no deberá utilizarse para propósitos de aceptación.

Tabla 3.6. Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global.

Tamaño máximo nominal aberturas cuadradas mm (pulg).	Cantidad de la muestra de ensayo mínimo kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente: NTP 400.012:2013

3.6.2.2.3 Peso Unitario - NTP 400.017:2011

Esta Norma Técnica Peruana establece la determinación de la densidad de masa (“Peso unitario”) del agregado en condición suelto o compactado, y calcula los vacíos entre partículas en agregados finos, gruesos o mezcla de ambos basados en la misma determinación. Este método de ensayo es aplicable a los agregados que no excedan los 125 mm como tamaño nominal máximo.

❖ Equipos e Instrumentos:

- ✓ **Balanza:** Una balanza con exactitud dentro el 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto del rango de uso, con graduación al menos de 0,05 kg.
- ✓ **Varilla de apisonado:** Una varilla lisa de acero, redondeada de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo un extremo o ambos extremos de forma redondeada tipo semi-esférica, 16 mm de diámetro.
- ✓ **Recipiente:** Un recipiente cilíndrico de metal, preferiblemente provisto de asas.

Tabla 3.7. Capacidad de los Recipientes

T nominal máx. del agregado		Capacidad del recipiente	
mm	Pulg	m ³	p ³
12,5	½	0,0028 (2,8)	1/10
25,0	1	0,0093 (9,3)	1/3
37,5	1 ½	0,0140 (14)	½
75	3	0,0280 (28)	1
100	4	0,0700 (70)	2 ½
125	5	0,1000 (100)	3 ½

Fuente: NTP 400.017:2011

❖ Procedimiento para Peso Compactado:

- ✓ Llenar el recipiente a un tercio del total y nivelar la superficie con los dedos. Apisonar la capa de agregado con 25 golpes con la varilla de apisonado uniformemente distribuido sobre la superficie.
- ✓ Luego llenar el recipiente a los 2 tercios del total y nuevamente nivelar y apisonar.
- ✓ Finalmente, llenar el recipiente a sobre-volumen y apisonar; nivelar la superficie del agregado de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado grueso aproximadamente equilibre los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente.

- ✓ En el apisonado de la primera capa, procurar no golpear el fondo del recipiente con fuerza con la varilla. Para la 2da. y 3ra. capa, usar un gran esfuerzo, pero no mayor del que pueda causar la penetración de la varilla a la capa previa del agregado.
 - ✓ Determinar la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío, y registrar los valores con exactitud de 0.05 kg.
- ❖ **Procedimiento para Peso Suelto:**
- ✓ Llenar el recipiente hasta el reboce con la pala o cucharón, descargando el agregado de una altura que no exceda 50 mm encima del borde superior del mismo.
 - ✓ Nivelar la superficie del agregado de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado grueso aproximadamente equilibren los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente.
 - ✓ Determinar la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío, y registrar los valores con exactitud de 0.05 kg.

3.6.2.2.4 Peso específico y absorción del agregado grueso. - NTP 400.021:2013

La presente norma tiene por objeto establecer un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado grueso (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso.

- ❖ **Equipos e Instrumentos:**
- ✓ **Balanza:** Un dispositivo para la determinación de la masa que es sensible, fácil de leer, y una precisión de 0,05 % de la carga de muestra en cualquier punto dentro de la gama de uso de este modo de ensayo, o de 0,5 g lo que sea mayor.
 - ✓ **Recipiente para muestra:** Una canasta de alambre de 3,35 mm (N° 6) o malla fina o un cubo de aproximadamente el mismo ancho y altura, con una capacidad de 4 a 7 litros, agregados de tamaño máximo nominal o menos de 37,5 mm (1 ½ in.) y un recipiente más grande, según sea necesario para ensayos de agregado de mayor tamaño máximo.
 - ✓ **Tanque de agua:** Un recipiente hermético, en el que se coloca el recipiente de la muestra mientras está suspendido debajo de la balanza.
 - ✓ **Tamices:** Un tamiz de 4.75mm (N° 4) u otros tamaños según sea necesario, conforme la NTP 350.001.

- ✓ **Estufa:** Una estufa de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabla 3.8. Masa mínima de muestra de Ensayo de peso Específico y Absorción

Tamaño máximo nominal mm (pulg)	Peso mínimo de la muestra de ensayo kg (lb)
12,5 (1/2) o menos	2 (4,4)
19,0 (3/4)	3 (6,6)
25,0 (1)	4 (8,8)
37,5 (1 ½)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 ½)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 ½)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
112 (4 ½)	50 (110)
125 (5)	75 (165)

Fuente: NTP 400.021:2013

❖ **Procedimiento:**

- ✓ Sumergir el agregado en agua a temperatura ambiente, durante un período de 24 horas aproximadamente.
- ✓ Retirar la muestra del agua y secar superficialmente con un paño absorbente grande, hasta que se eliminan todas las partículas visibles de agua. Tener cuidado para evitar la evaporación del agua de los poros de agregados durante la operación de secado. Determinar la masa de la muestra de ensayo, en la condición de superficie saturada seca.
- ✓ Después de la determinación de la masa en aire, colocar inmediatamente la muestra saturada superficialmente seca en el recipiente de la muestra y determinar su masa aparente en agua a temperatura ambiente. Tener cuidado de eliminar todo el aire antes de determinar la masa, agitando el recipiente mientras está sumergido.
- ✓ Secar la muestra de ensayo en la estufa hasta una masa constante, a temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, enfriar en aire a temperatura ambiente hasta que el agregado se haya enfriado y determinar la masa.

3.6.2.2.5 Peso específico y absorción del agregado fino. - NTP 400.022:2013

La presente norma tiene por objeto establecer un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado fino (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino.

❖ Equipos e Instrumentos:

- ✓ **Balanza:** Una balanza o báscula que tiene una capacidad de 1 kg o más, sensibles a 0,1 g o menos, y una precisión de 0,1 % de la carga de ensayo en cualquier punto dentro de la gama de uso de este método de ensayo.
- ✓ **Picnómetro (para usarse con el procedimiento gravimétrico):** Un frasco u otro contenedor apropiado en el cual la muestra de agregado fino puede ser rápidamente introducida y en el cual el contenido del volumen puede ser calibrado hasta $\pm 0,1 \text{ cm}^3$.
- ✓ **Frasco (para su uso en determinación volumétrica):** Un frasco de Le Chatelier, como se describe en la NTP 334.005, es apropiado para una muestra aproximadamente 55g.
- ✓ **El molde y barra compactadora para los ensayos superficiales de humedad:** El molde metálico deberá tener la forma de un tronco de cono con las dimensiones de la siguiente manera: 40 mm \pm 3 mm de diámetro interior en la parte superior, 90 mm \pm 3 mm de diámetro interior en la parte inferior y 75 mm \pm 3 mm de altura; el metal debe tener un espesor mínimo de 0,8 mm. La barra compactadora de metal tendrá una masa de 340 g \pm 15 g y una cara plana circular de apisonamiento de 25 mm \pm 3 mm de diámetro.
- ✓ **Estufa:** Una estufa de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C \pm 5 °C.

❖ Preparación de la Muestra:

- ✓ Colocar una muestra de aproximadamente 1000 g. de agregado fino en un recipiente, cubrir con agua y se deja reposar durante 24 horas aproximadamente.
- ✓ Ponderar el exceso de agua con cuidado para evitar la pérdida de finos, e iniciar un proceso de secado de la muestra con una corriente suave de aire caliente o una pequeña estufa hasta lograr la condición saturada superficialmente seca.
- ✓ Situar el molde cónico sobre una superficie no absorbente con el diámetro mayor hacia abajo, colocar una porción del agregado fino suelto parcialmente seco en el molde llenándolo hasta el tope y amontonar material adicional por

encima de la parte superior del molde sujetándolo con la mano que sostiene el molde.

- ✓ Ligeramente apisonar el agregado fino en el molde con 25 golpes con la barra compactadora.
- ✓ Retirar la arena suelta de la base y levantar el molde verticalmente, si la humedad de la superficie está todavía presente, el agregado fino conservará la forma moldeada. La ligera caída del agregado fino moldeado indica que se ha llegado a un estado de superficie seca.
- ✓ Si el primer ensayo de humedad superficial indica que la humedad no está presente en la superficie, la muestra se ha secado más allá de la condición de saturada superficialmente seca. En este caso, mezclar unos pocos mililitros de agua con el agregado fino y permitir que repose en un recipiente cubierto durante 30 minutos.
- ✓ A continuación, reanudar el proceso de secado y prueba a intervalos frecuentes para el inicio de la condición de superficie seca.

❖ **Procedimiento:**

- ✓ Inicialmente llenar el matraz con agua a un punto entre 0 y 1 ml., anotar esta lectura inicial con el frasco.
- ✓ Agregar 55 g. aproximadamente de agregado fino en condición saturada seca superficialmente. Después de haber introducido todo el agregado fino, colocar el tapón en el frasco y rodar el frasco en posición inclinada para desplazar todo el aire atrapado, continuando hasta que no haya más burbujas que suban a la superficie.
- ✓ Para la determinación de la absorción, usar una porción separada del agregado fino saturado seco superficialmente de 500 g., secar hasta masa constante y determinar la masa seca.

3.6.2.3. Relave Minero

El relave minero será obtenido de presa de relaves Alpamarca y serán añadidas en las siguientes dosificaciones 5%, 10% y 15% con respecto al peso del agregado fino, el cual se incluirá en cada Diseño de Mezcla de Concreto.

3.6.2.4. Diseño de Mezcla de Concreto

En esta etapa se aplicará para determinar las cantidades de materiales por metro cubico de concreto pueden ser determinados; cuando se emplea el método del comité 211 del ACI, siguiendo la secuencia que a continuación se indica:

- Selección del asentamiento.
- Selección del tamaño máximo nominal del agregado.
- Selección del volumen unitario de agua de diseño.
- Selección del contenido de aire.
- Selección de la relación agua / cemento.
- Determinación del factor cemento.
- Determinación del contenido del agregado grueso.
- Determinación del contenido del agregado fino.
- Corrección de los valores de diseño por humedad del agregado.
- Determinación de la proporción en peso.

3.6.2.5. Ensayos al Concreto en Estado Fresco

A. Sentamiento del Concreto (Slump)

La NTP 339.035:2015, establece el método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto, tanto en el laboratorio como en el campo.

❖ Equipos e Instrumentos:

- ✓ Cono de Abrams y plancha metálica rígida.
- ✓ Varilla compactadora: Lisa, de punta semiesférica.
- ✓ Cucharón.
- ✓ Dispositivo de medida.

❖ Muestra:

- ✓ La muestra no podrá exceder de 15 minutos siguientes a ser tomada, debiendo durante este periodo estar protegida de cualquier agente que puede causar la evaporación del agua de la misma. Además, deberán representar al concreto promedio que está siendo colocado, debiendo ser tomadas al principio o final de cada tanda.
- ✓ Las muestras deberán ser tomadas al azar, no debiendo entrar en su selección criterios de apariencia, beneficio u otros que puedan modificar la representación estadística de la uniformidad o calidad del concreto.

❖ **Procedimiento:**

- ✓ Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie plana, rígida, no absorbente y húmeda. El molde se fija firmemente en su lugar durante el llenado pisando o asegurando las abrazaderas a la placa de base, se llena el molde con el cucharón vaciando el concreto en tres capas, de modo que cada capa corresponda a aproximadamente a la tercera parte del volumen del molde.
- ✓ Cada capa se compacta aplicando 25 golpes con la barra compactadora distribuidos y aplicados uniformemente en toda la sección de la capa. La capa inferior se compacta en todo su espesor. La segunda capa y la capa superior se compactan a través de todo su espesor, penetrando ligeramente en la capa inmediata inferior.
- ✓ El molde se llena por exceso antes de compactar la última capa. Luego se procede a enrasar rodando la barra compactadora sobre el borde superior del molde. Se continúa asegurando el molde firmemente contra la base y se elimina el concreto sobrante alrededor del molde. Se retira inmediatamente el molde del concreto levantándolo cuidadosamente en dirección vertical.
- ✓ Se mide inmediatamente el asentamiento, determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro desplazado de la cara superior del cono deformado.

B. Peso Unitario (PUC) y Contenido de Aire (%) del Concreto.

Según la NTP 339.046:2008, el ensayo permite determinar el peso unitario y el contenido de aire del concreto según la NTP 339.083.

❖ **Equipos e Instrumentos:**

- ✓ Balanza.
- ✓ Varilla compactadora.
- ✓ Recipiente Cilíndrico.
- ✓ Mazo de goma.
- ✓ Placa de enrasado
- ✓ Cucharón.
- ✓ Un medidor de aire.

❖ **Procedimiento:**

- ✓ Colocar el concreto en el recipiente de medición usando el cucharón, el cual se moverá alrededor del perímetro interno del recipiente de medición para asegurar una distribución homogénea del concreto con segregación mínima.
- ✓ Colocar el concreto en el recipiente de medición en tres capas de aproximadamente igual volumen, apisonar cada capa con 25 golpes de la barra compactadora. La capa inferior se compacta en todo su espesor.
- ✓ La segunda capa y la capa superior se compactan a través de todo su espesor, procurando que la barra penetre ligeramente en la capa inmediata inferior.
- ✓ El molde se llena por exceso antes de compactar la última capa. Luego se procede a enrasar y alisar la superficie del concreto, rodando la barra compactadora sobre el borde superior del molde.
- ✓ Después del alisado de la superficie superior del recipiente se limpia todo el concreto en exceso y adherido a las paredes exteriores del recipiente de medición y luego se determina la masa del concreto.

C. **Temperatura del Concreto (°C)**

Según la NTP 339.184 (2013), el ensayo permite determinar la temperatura de mezclas de concreto en estado fresco.

❖ **Equipos e Instrumentos:**

- ✓ Recipiente
- ✓ Dispositivo para medición de temperatura.

❖ **Procedimiento:**

- ✓ Colocar el dispositivo de medición de temperatura en la mezcla de concreto fresco, de tal modo que el sensor esté sumergido un mínimo de 75 mm (3 pulg).
- ✓ Presionar levemente el concreto en la superficie alrededor del dispositivo de medición de temperatura para que la temperatura ambiente no afecte la lectura.
- ✓ Dejar introducido el dispositivo medidor de temperatura en el concreto fresco por un mínimo de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice, y a continuación leer y registrar la temperatura.

3.6.2.6. Ensayos al Concreto en Estado Endurecido

3.6.2.6.1 Ensayo de Resistencia a Compresión

Para determinar la resistencia a compresión de las probetas cilíndricas reforzadas con relave minero, se realizarán los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en la NTP 339.034:2015.

Este método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a compresión de las probetas reforzadas con relave minero será calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta.

Se reconocerá así la curva del $F'c$ (carga máxima) soportada por las probetas reforzadas con relave minero obtenidas del ensayo.

❖ Equipo e Instrumentos:

La máquina de ensayo será de capacidad conveniente suficiente y capaz de proveer una velocidad de carga indicada. La verificación de la calibración de la máquina de ensayo debe tener conformidad con la ASTM E 4, la máquina debe ser operada por energía (no manual) y aplicar la carga continua sin intermitencia ni detenimiento.

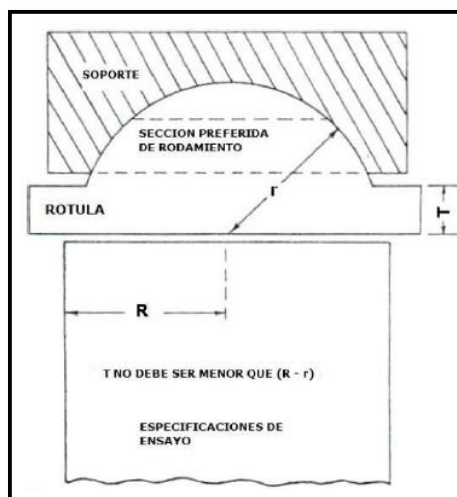
❖ Procedimiento:

- ✓ Colocar el bloque de rotura inferior, sobre el cabezal de la máquina de ensayo. El bloque de rotura superior directamente bajo la rótula del cabezal.
- ✓ Limpiar las caras de contacto de los bloques superior e inferior y las de la probeta de ensayo y colocar el cilindro sobre el bloque inferior de rotura. Cuidadosamente alinear los ejes de la probeta con el centro de empuje de la rótula del bloque asentado.
- ✓ Antes de ensayar la probeta, verificar que el indicador de carga este en cero y ajustar el indicador.
- ✓ Aplicar la carga de compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye constantemente y el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido.
- ✓ Registrar la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo.

❖ **Velocidad de Carga:**

La carga será aplicada a una velocidad de movimiento correspondiendo a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s. El ensayo termina cuando la velocidad de esfuerzo decrece debido a la factura del espécimen.

Figura 3.2. Rótula típica de abertura.



Fuente: NTP 339.034

3.6.2.6.2 Ensayo de Penetración de Agua Bajo Presión (Permeabilidad)

Para determinar la penetración de agua en las probetas cilíndricas reforzadas con relave minero, se realizarán los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en la UNE-EN 12390-8:2011.

Este método consiste en aplicar agua a presión a la cara de la probeta reforzada con relave minero por un periodo de 72 horas constante y durante el tiempo especificado, se divide la probeta por rotura en dos mitades y se mide la profundidad de penetración del frente de agua.

Se registrará así la curva del nivel máximo de penetración de agua en las probetas reforzadas con relave minero obtenidas del ensayo.

❖ **Elaboración de probetas**

Las probetas serán cúbicas, cilíndricas o prismáticas de longitud de lado, o diámetro, no menor de 150 mm. Inmediatamente después de desmoldar, se desbastan la superficie de la cara de la probeta que va a estar expuesta a la presión del agua con un cepillo de púas metálicas.

El ensayo debe comenzar cuando las probetas tengan al menos una edad de 28 días. No se debe aplicar el agua a presión a la cara de acabado de la probeta.

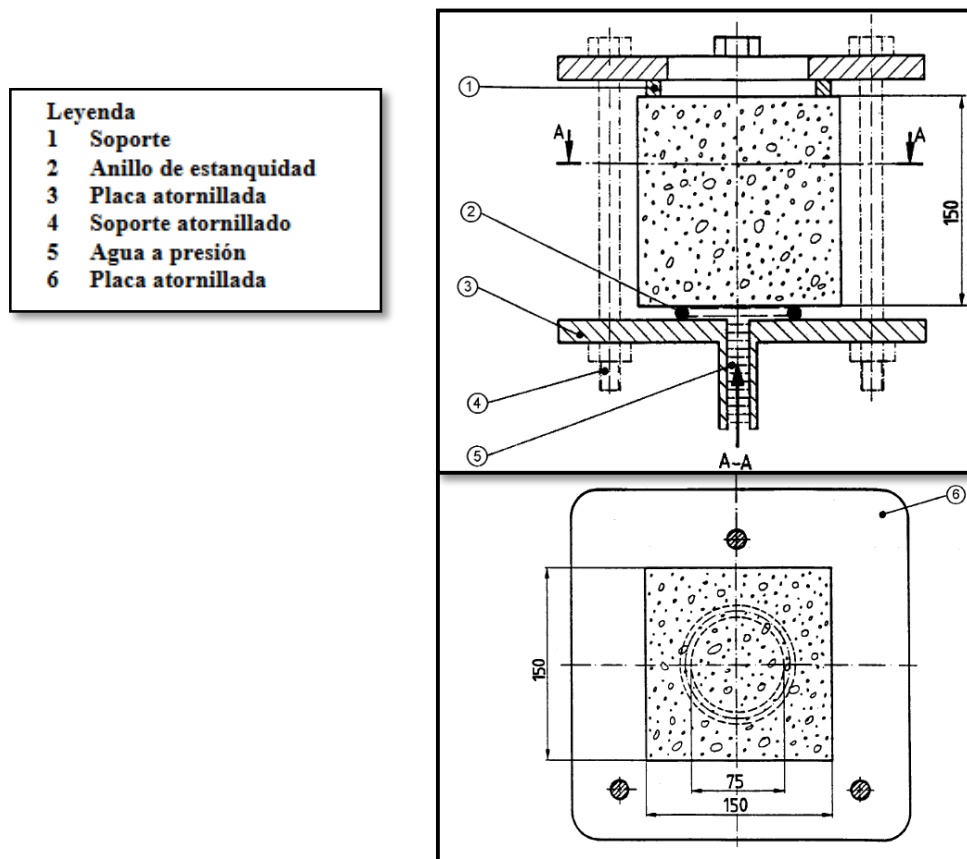
❖ **Maquina**

La máquina de ensayo consistirá en cualquier equipo en el que la probeta de ensayo, de dimensiones dadas, se pueda situar de tal manera que a presión del agua pueda actuar sobre la zona de ensayo y se visualice la presión aplicada de forma continua. En este caso el equipo usado será el PermeaTor.

❖ **Presión**

La presión que debe ejercerse sobre el agua es de 5 bar o 500 ± 50 kPa durante 72 ± 2 horas. Durante el ensayo, se observará periódicamente el estado de las superficies de la probeta de ensayo.

Figura 3.3. Dispositivo de la presión durante el ensayo.



Fuente: UNE-EN 12390-8

3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

Para el procesamiento de la información obtenida, se empleará hojas de cálculo en Microsoft Excel y el software estadístico SPSS.

El análisis de la información obtenida será plasmado en tablas y gráficos, para una mejor interpretación de los resultados.

Los resultados alcanzados en la investigación se analizarán para validar la hipótesis planteada mediante un análisis de varianza (ANOVA) de un factor. La prueba estadística de ANOVA es muy importante que cumpla con los contrastes de Criterio de Normalidad y Criterio de Homocedasticidad (homogeneidad de varianza), una vez que cumplan esos dos Criterios, evaluamos la Prueba post – hoc, dentro de los cuales se encuentra la prueba de Tukey.

Para realizar la normalidad es a través de la prueba de Shapiro-Wilk (por ser muestra menor a 50), luego se realiza la homogeneidad de varianza a través de la prueba de Levene, por lo tanto, si la normalidad de los datos tienen una significancia mayor a (esto es, $p > 0.05$), se determinará las pruebas Post – hoc, que nos servirá para comparar las diferencias entre pares de grupo.

La pruebas Post – hoc se comprueba a través de la prueba de Tukey, usado cuando existen más de dos grupos, esta prueba nos va a decir entre que grupos existe diferencia estadísticamente significativa, es decir hacer comparaciones de media por pares de grupo, para ello, su significancia debe ser menor a (esto es, $p < 0.05$), para que exista diferencia estadísticamente significativa entre los grupos.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. Ensayos a los agregados

4.1.1. Contenido de humedad – NTP 339.185:2013

Se siguió el procedimiento para obtener el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado.

Para determinar el contenido de humedad del agregado fino, se tomó de la muestra 1000g, obteniendo 1% de humedad. Ver **tabla 4.1**.

Tabla 4.1. Humedad Promedio del Agregado Fino.

Descripción	Valor
Peso del recipiente (gr)	117
Peso del recipiente + material húmedo (gr)	1117
Peso del recipiente + material seco (gr)	1107
Peso del material húmedo (gr)	1000
Peso del material seco (gr)	990
Peso de agua contenida (gr)	10
Contenido de Humedad (%)	1.00

Fuente: Base de datos laboratorio UPN

Para determinar el contenido de humedad del agregado grueso, se tomó de la muestra 5000g, obteniendo 0.4% de humedad. Ver **tabla 4.2**.

Tabla 4.2. Humedad Promedio del Agregado Grueso.

DESCRIPCIÓN	VALOR
Peso del recipiente (gr)	310
Peso del recipiente + material húmedo (gr)	5310
Peso del recipiente + material seco (gr)	5290
Peso del material húmedo (gr)	5000
Peso del material seco (gr)	4980
Peso de agua contenida (gr)	20
Contenido de Humedad (%)	0.40

Fuente: Base de datos laboratorio UPN

4.1.2. Análisis Granulométrico del Agregado Fino y Grueso – NTP 400.012:2013

De acuerdo a la norma NTP 400.012:2013, se analizó la distribución de las partículas de los agregados obteniendo los siguientes:

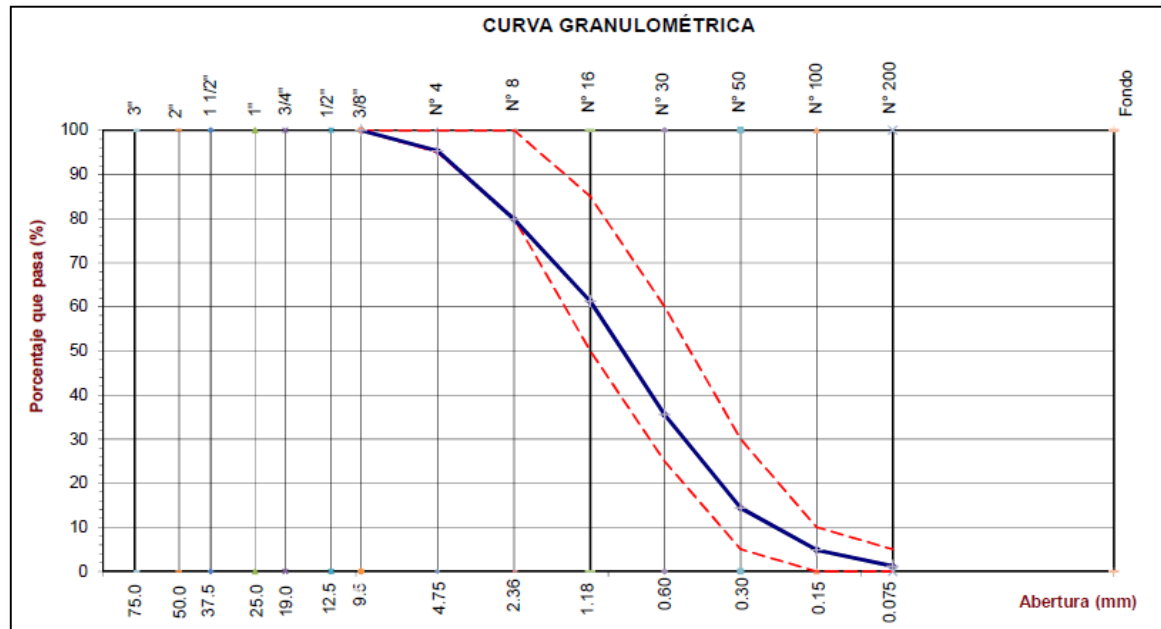
En el agregado Fino, se obtuvo un Módulo de Finura (M.F) de 3.09, lo cual es recomendable para la elaboración de probetas de concreto, donde se muestra en la **tabla 4.3**. Además, cumpliendo con los límites máximos y mínimos del M.F (no menor a 2.30 ni mayor a 3.10), establecidos en la NTP 400.037 (2002), ver **figura 4.1**.

Tabla 4.3. Análisis Granulométrico del Agregado Fino.

Tamiz	Abert. (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido (%)	Retenido Acum (%)	Pasante (%)	Rango		Datos de la muestra	
						Mínimo	Máximo		
3"	75.000							Identificación : ARENA GRUESA Descripción : ARENA ZARANDEADA Procedencia : RIO PATAZ Fecha Recepción : 16/02/2018	
2"	50.000								
1 1/2"	37.500								
1"	25.000								
3/4"	19.000								
1/2"	12.500								
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Masa Inicial (gr) 1500.0	
Nº 4	4.750	70.0	4.7	4.7	95.3	95	100	Masa final (gr) 1497.0	
Nº 8	2.360	232.0	15.5	20.2	79.8	80	100	Diferencia (Max 0.3%) 0.20 %	
Nº 16	1.180	278.0	18.6	38.7	61.3	50	85		
Nº 30	0.600	384.0	25.7	64.4	35.6	25	60	Características Físicas	
Nº 50	0.300	318.0	21.2	85.6	14.4	5	30	Tamaño Máx. Nominal	
Nº 100	0.150	142.0	9.5	95.1	4.9	0	10	Material < Malla 200 4.2 %	
Nº 200	0.075	55.0	3.7	98.8	1.2	0	5	Contenido de Humedad 1.0 %	
Fondo	-	18.0	1.2	100.0	0.0			Modulo de Finura 3.09	
		1497.0	100.0						

Fuente: Los autores (2018).

Figura 4.1. Curva Granulométrica del Agregado Fino.



Fuente: Los autores (2018).

Leyenda:

- % Pasa
- - - Límites Max. Y Min.

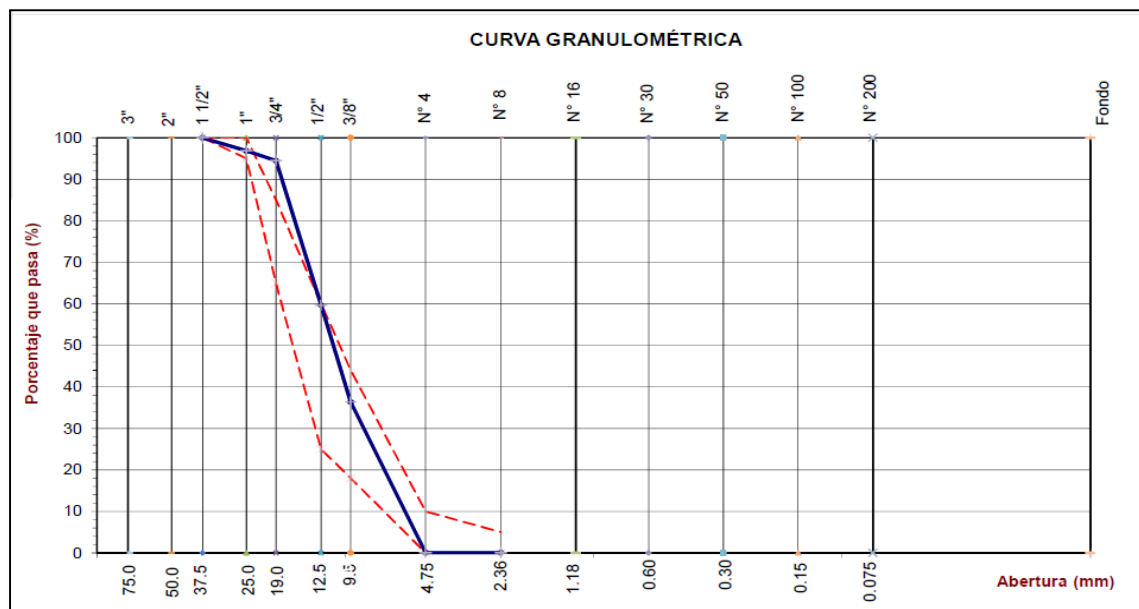
El agregado Grueso, se verificó su Tamaño Máximo Nominal (TMN) de 1" por lo cual se consideró el Huso granulométrico 57 para verificar su calidad, donde se muestra en la **tabla 4.4**, cumpliendo con los límites de material pasante mencionado en la norma. Por lo tanto este agregado es recomendable para la elaboración de las probetas de concreto, ver **figura 4.2**.

Tabla 4.4. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.

Tamiz	Abert. (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido (%)	Retenido Acum (%)	Pasante (%)	Límites HUSO 57		Datos de la muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000							Identificación : PIEDRA HUSO 57 Descripción : PIEDRA ZARANDEADA Procedencia : RIO PATAZ F. Recepción : 16/02/2018
2"	50.000							
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
1"	25.000	374.0	3.2	3.2	96.8	95	100	
3/4"	19.000	280.0	2.4	5.5	94.5			Masa Inicial (gr) 11850 Masa final (gr) 11840 Diferencia (Max 0.3%) 0.08 %
1/2"	12.500	4122.0	34.8	40.3	59.7	25	60	
3/8"	9.500	2758.0	23.3	63.6	36.4	18	44	Características Físicas Tamaño Máx. Nominal 1" Material < Malla 200 0.7 % Contenido de Humedad 0.4 % Modulo de Finura 6.70
Nº 4	4.750	4298.0	36.3	99.9	0.1	0	10	
Nº 8	2.360	0.0	0.0	99.9	0.1	0	5	
Nº 16	1.180							
Nº 30	0.600							
Nº 50	0.300							
Nº 100	0.150							
Nº 200	0.075							
Fondo	-	8.0	0.1	100.0	0.0			
		11840.0	100.0					

Fuente: Los autores (2018).

Figura 4.2. Curva Granulométrica del Agregado Grueso.



Fuente: Los autores (2018).

Leyenda:

- % Pasa
- - - - Límites Max. Y Min.

4.1.3. Peso Unitario – NTP 400.017:2011

De acuerdo a la NPT 400.017:2011, se obtienen los valores del Peso Unitario Suelto seco (PUSS) y el Peso Unitario Compactado Seco (PUCS) del agregado fino.

En el agregado fino, se obtuvieron como promedio los valores de 1730 Kg/m³ para el PUSS y 1920 Kg/m³ para el PUCS. Estos valores serán utilizados para poder realizar el diseño de mezcla, ver **tabla4.5**.

Tabla 4.5. Resultados del PUSS y PUCS del Agregado Fino.

Descripción	Ensayo 1	Ensayo 2	Promedio
Peso del recipiente + muestra suelta (kg)	15.584	15.4122	
Peso del recipiente + muestra apisonada (kg)	16.804	16.861	
Peso del recipiente (kg)	3.436	3.436	
Peso de la muestra en estado suelto (kg)	12.148	11.976	
Peso de la muestra en estado apisonado (kg)	13.368	13.425	
Volumen del recipiente (m ³)	0.007	0.007	
Peso Unitario Suelto (kg/m³)	1,740	1,710	1,730
Peso Unitario Apisonado (kg/m³)	1,910	1,920	1,920

Fuente: Base de datos de laboratorio UPN.

En el agregado Grueso, se obtuvieron como promedio los valores de 1610 Kg/m³ para el PUSS y 1740 Kg/m³ para el PUCS. Estos valores serán utilizados para poder realizar el diseño de mezcla, ver **tabla4.6**.

Tabla 4.6. Resultados del PUSS y PUCS del Agregado Grueso.

Descripción	Ensayo 1	Ensayo 2	Promedio
Peso del recipiente + muestra suelta (kg)	14.750	14.590	
Peso del recipiente + muestra apisonada (kg)	15.482	15.661	
Peso del recipiente (kg)	3.436	3.436	
Peso de la muestra en estado suelto (kg)	11.314	11.154	
Peso de la muestra en estado apisonado (kg)	12.046	12.225	
Volumen del recipiente (m ³)	0.007	0.007	
Peso Unitario Suelto (kg/m³)	1,620	1,590	1,610
Peso Unitario Apisonado (kg/m³)	1,720	1,750	1,740

Fuente: Base de datos de laboratorio UPN.

4.1.4. Peso Específico y absorción del agregado grueso. – NTP 400.021:2013

De acuerdo a la NPT 400.021:2013, se obtienen los valores del Peso Específico en (gr/cm^3) y Absorción en (%).

En el agregado grueso, se obtuvieron como promedio los valores de $2.80 \text{ gr}/\text{cm}^3$ para el Peso Específico y 1.4% para absorción, ver **tabla 4.7**.

Tabla 4.7. Resultados del Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.

Descripción	Ensayo 1	Ensayo 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire (gr)	4954	4960	
Peso de la muestra SSS al aire (gr)	5016	5030	
Peso aparente de la muestra saturada en agua (gr)	3250	3260	
Peso Específico Base Seca (gr/cm^3)	2.80	2.80	2.80
Peso Específico Base SSS (gr/cm^3)	2.80	2.80	2.80
Absorción (%)	1.3	1.4	1.4

Fuente: Base de datos de laboratorio UPN.

4.1.5. Peso Específico y absorción del agregado fino. – NTP 400.022:2013

De acuerdo a la NPT 400.022:2013, se obtienen los valores del Peso Específico en (gr/cm^3) y Absorción en (%).

En el agregado fino, se obtuvieron como promedio los valores de $2.70 \text{ gr}/\text{cm}^3$ para el Peso Específico y 1.0% para absorción, ver **tabla 4.8**.

Tabla 4.8. Resultados del Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.

Descripción	Ensayo 1	Ensayo 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno (gr)	496	496	
Peso del picnómetro llenado con agua (gr)	690	682	
Peso del picnómetro llenado con muestra y agua (gr)	1006	992	
Peso de la muestra SSS (gr)	502	500	
Peso Específico Base Seca (gr/cm^3)	2.70	2.60	2.70
Peso Específico Base SSS (gr/cm^3)	2.70	2.60	2.70
Absorción (%)	1.2	0.8	1.0

Fuente: Base de datos de laboratorio UPN.

4.2. Caracterización de Relave Minero

Se siguió el procedimiento para obtener el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de Relave Minero.

Para determinar el contenido de humedad del Relave Minero, se tomó de la muestra 1000g, obteniendo 0.6% de humedad, donde se puede observar en las **tablas 4.9, 4.10, 4.11, 4.12** y **figura 4.3**.

Tabla 4.9. Humedad Promedio del Relave Minero.

Descripción	Valor
Peso del recipiente (gr)	311
Peso del recipiente + material húmedo (gr)	1311
Peso del recipiente + material seco (gr)	1305
Peso del material húmedo (gr)	1000
Peso del material seco (gr)	994
Peso de agua contenida (gr)	6
Contenido de Humedad (%)	0.60

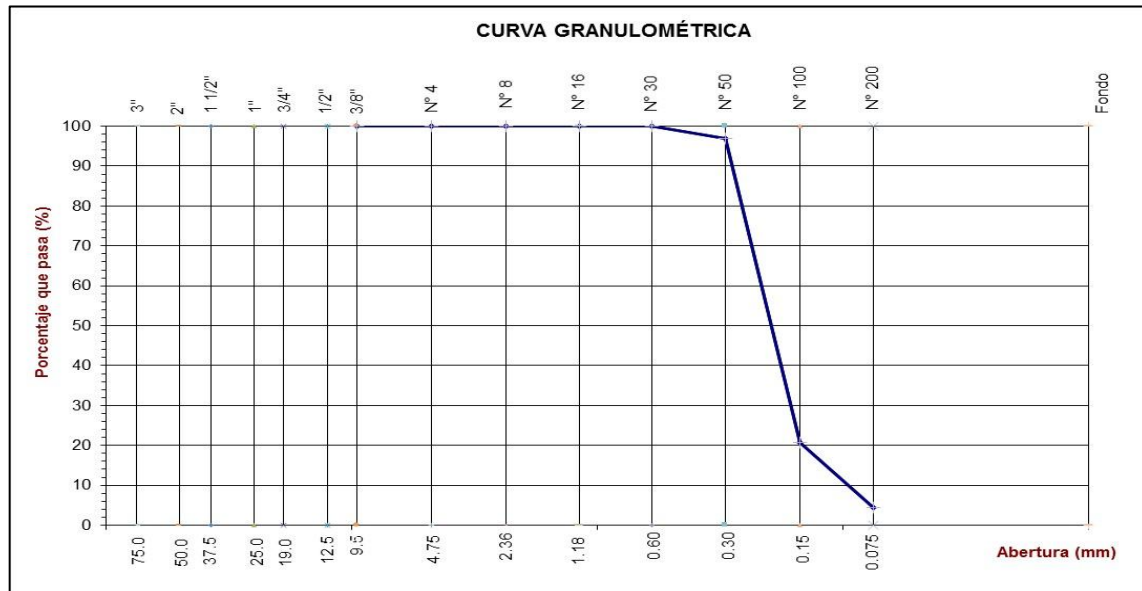
Fuente: Base de datos de laboratorio UPN.

Tabla 4.10. Análisis Granulométrico del Relave Minero.

Tamiz	Abert. (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido (%)	Retenido Acum (%)	Pasante (%)	Rango		Datos de la muestra	
						Mínimo	Máximo		
3"	75.000							Identificación : RELAVE MINERO Descripción : RELAVE MINERO Procedencia : RELAVES ALPAMARCA Fecha Recepción : 16/02/2018	
2"	50.000								
1 1/2"	37.500								
1"	25.000								
3/4"	19.000								
1/2"	12.500								
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Masa Inicial (gr) 1130.0	
Nº 4	4.750	0.0	0.0	0.0	100.0	95	100	Masa final (gr) 1128.0	
Nº 8	2.360	0.0	0.0	0.0	100.0	80	100	Diferencia (Max 0.3%) 0.18 %	
Nº 16	1.180	0.0	0.0	0.0	100.0	50	85	Características Físicas	
Nº 30	0.600	0.0	0.0	0.0	100.0	25	60		
Nº 50	0.300	34.0	3.0	3.0	97.0	5	30	Tamaño Máx. Nominal	
Nº 100	0.150	860.0	76.2	79.3	20.7	0	10	Material < Malla 200 %	
Nº 200	0.075	184.0	16.3	95.6	4.4	0	5	Contenido de Humedad 0.6 %	
Fondo	-	50.0	4.4	100.0	0.0			Módulo de Finura 0.80	
		1128.0	100.0						

Fuente: Los autores (2018).

Figura 4.3. Curva Granulométrica del Relave Minero.



Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.11. Resultados del PUSS y PUCS del Relave Minero.

Descripción	Ensayo 1	Ensayo 2	Promedio
Peso del recipiente + muestra suelta (kg)	11.418	11.495	
Peso del recipiente + muestra apisonada (kg)	13.142	13.073	
Peso del recipiente (kg)	3.436	3.436	
Peso de la muestra en estado suelto (kg)	7.982	8.059	
Peso de la muestra en estado apisonado (kg)	9.706	9.637	
Volumen del recipiente (m ³)	0.007	0.007	
Peso Unitario Suelto (kg/m³)	1,140	1,150	1,150
Peso Unitario Apisonado (kg/m³)	1,390	1,380	1,390

Fuente: Base de datos de laboratorio UPN.

Tabla 4.12. Resultados del Peso Específico y Absorción del Relave Minero.

Descripción	Ensayo 1	Ensayo 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno (gr)	498	500	
Peso del picnómetro llenado con agua (gr)	694	684	
Peso del picnómetro llenado con muestra y agua (gr)	978	974	
Peso de la muestra SSS (gr)	500	502	
Peso Específico Base Seca (gr/cm³)	2.31	2.36	2.34
Peso Específico Base SSS (gr/cm³)	2.31	2.37	2.34
Absorción (%)	0.4	0.4	0.4

Fuente: Base de datos de laboratorio UPN.

4.3. Diseño de Mezcla

4.3.1. Materiales para la Dosificación de Concreto.

4.3.1.1. Cemento.

Para esta investigación se decidió usar el cemento Anti Salitre MS, es un material apropiado para lugares donde hay suelos húmedos-salinosos y estructuras expuestas al agua de mar, presentan una moderada resistencia a los sulfatos y de moderado calor de hidratación que cumple con la norma técnica NTP 334.082 y ASTM C 1157; cuyo nombre técnico es el cemento Tipo MS.

El cemento Tipo MS fue suministrado por la empresa Pacasmayo, se adjunta la ficha de especificación técnica del producto en el **Anexo N° 6**.

4.3.1.2. Agregados

En las **tablas 4.13., 4.14., 4.15.**, nos muestra los valores obtenidos de los diferentes ensayos realizados al agregado fino, agregado grueso y Relave Minero, sabiendo que los agregados a utilizar cumplen con los requerimientos exigidos por la Norma Técnica Peruana, se procede a realizar el diseño de mezcla de concreto.

A) Agregado Fino

Tabla 4.13. Propiedades Físicas del Agregado Fino.

Descripción	Valor
Humedad (%)	1.00
Módulo de Finura (M.F)	3.09
PUSS (kg/m ³)	1730
PUCS (kg/m ³)	1920
Peso Específico	2.70
Absorción (%)	1.00

Fuente: Base de datos de laboratorio UPN.

B) Agregado Grueso

Tabla 4.14. Propiedades Físicas del Agregado Grueso.

Descripción	Valor
Humedad (%)	0.40
TMN	1"
PUSS (kg/m ³)	1610
PUCS (kg/m ³)	1740
Peso Específico	2.80
Absorción (%)	1.40

Fuente: Base de datos de laboratorio UPN.

C) Relave Minero

Tabla 4.15. Propiedades Físicas del Relave Minero.

Descripción	Valor
Humedad (%)	0.60
Módulo de Finura (M.F)	0.80
PUSS (kg/m ³)	1150
PUCS (kg/m ³)	1390
Peso Específico	2.34
Absorción (%)	0.40

Fuente: Base de datos de laboratorio UPN.

4.3.2. Dosificaciones

Una vez determinada las propiedades físicas de los agregados, se procedió a determinar el contenido óptimo de relave minero en cada diseño de mezclas, a través de la elaboración de probetas con distintos porcentajes de relave minero.

Tomando como base un concreto convencional, se elaboraron probetas con 03 contenidos diferente de relave minero con respecto al peso del agregado fino, con diferentes porcentajes al 5%, 10% y 15%. Las diferentes probetas se prepararon teniendo como referencia la norma ACI 211.

4.3.2.1. Diseño de Mezcla de Concreto Patrón

Este concreto se elaboró de acuerdo a los procedimientos establecidos en la norma ACI 211, logrando la siguiente dosificación indicada en la **tabla 4.16.**, sin reemplazar relave minero, a partir de un agregado grueso de TMN de 1", una relación a/c de 0.63 y una resistencia de diseño de 175 kgf/cm².

Tabla 4.16. Dosificación del Concreto Patrón

Materiales	Peso Seco (Kg/m³)	Volumen (m³)	Peso Húmedo (Kg/m³)
Cemento Tipo MS	314	0.105	314
Agua	198	0.198	209
Arena	758	0.287	765
Piedra	1110	0.395	1114
Aire	0	0.015	0
Total	2380	1.000	2403

Fuente: Los autores (2018).

4.3.2.2. Diseño de Mezcla de Concreto con 5% de Relave

Este concreto se elaboró de acuerdo a los procedimientos establecidos en la norma ACI 211, logrando la siguiente dosificación indicada en la **tabla 4.17.**, reemplazando relave minero, a partir de un agregado grueso de TMN de 1", una relación a/c de 0.63 y una resistencia de diseño de 175 kgf/cm².

Tabla 4.17. Dosificación del Concreto con 5% de Relave

Materiales	Peso Seco (Kg/m³)	Volumen (m³)	Peso Húmedo (Kg/m³)
Cemento Tipo MS	314	0.105	314
Agua	198	0.198	209
Arena	739	0.280	747
Relave	16	0.007	16
Piedra	1110	0.395	1114
Aire	0	0.015	0
Total	2377	1.000	2400

Fuente: Los autores (2018).

4.3.2.3. Diseño de Mezcla de Concreto con 10% de Relave

Este concreto se elaboró de acuerdo a los procedimientos establecidos en la norma ACI 211, logrando la siguiente dosificación indicada en la **tabla 4.18.**, reemplazando relave minero, a partir de un agregado grueso de TMN de 1", una relación a/c de 0.63 y una resistencia de diseño de 175 kgf/cm².

Tabla 4.18. Dosificación del Concreto con 10% de Relave

Materiales	Peso Seco (Kg/m³)	Volumen (m³)	Peso Húmedo (Kg/m³)
Cemento Tipo MS	314	0.105	314
Agua	198	0.198	209
Arena	723	0.274	731
Relave	31	0.013	31
Piedra	1110	0.395	1114
Aire	0	0.015	0
Total	2376	1.000	2399

Fuente: Los autores (2018).

4.3.2.4. Diseño de mezcla de concreto con 15% de relave

Este concreto se elaboró de acuerdo a los procedimientos establecidos en la norma ACI 211, logrando la siguiente dosificación indicada en la **tabla 4.19.**, reemplazando relave minero, a partir de un agregado grueso de TMN de 1", una relación a/c de 0.63 y una resistencia de diseño de 175 kgf/cm².

Tabla 4.19. Dosificación del Concreto con 15% de Relave

Materiales	Peso Seco (Kg/m³)	Volumen (m³)	Peso Húmedo (Kg/m³)
Cemento Tipo MS	314	0.105	314
Agua	198	0.198	209
Arena	705	0.267	712
Relave	47	0.02	47
Piedra	1110	0.395	1114
Aire	0	0.015	0
Total	2374	1.000	2397

Fuente: Los autores (2018).

4.4. Elaboración de Probetas

Para la presente investigación, se elaboraron un total de 92 probetas cilíndricas según la NTP 339.034:2015, en las cuales 84 fueron de 15cm x 30cm y 8 fueron de 15cm x 15cm.

Las probetas cilíndricas fueron elaboradas de acuerdo a nuestros diseños, se rige bajo la norma ACI 211. El procedimiento utilizado para la elaboración de las probetas se procedió a realizar el vaciado en 3 capas a las probetas cilíndricas, en cada capa se dio 25 golpes con una varilla para que así el concreto fresco se acomode y evite la formación de grietas.

Una vez elaboradas las probetas, se desencofran en 24 horas y luego se colocarán en una poza de curado del laboratorio a una temperatura de ambiente. Luego, retiramos las 84 probetas en el tiempo de 7, 14 y 28 días de curado para realizar el ensayo a compresión.

Para el ensayo de permeabilidad se debe dejar curar en un tiempo mínimo de 28 días, para realizar el ensayo de penetración de agua.

A continuación, en las **tablas 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25, 4.26, 4.27, 4.28, 4.29, 4.30, 4.31**, presentan las fechas de elaboración de las probetas curadas, en función de sus edades de curado:

Tabla 4.20. Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas Patrón 01

Tiempo de Curado	7 Días		14 Días		28 Días		
Nombre de Probeta	CP-01 (1)	CP-01 (2)	CP-01 (3)	CP-01 (4)	CP-01 (5)	CP-01 (6)	CP-01 (7)
Elaboración	02/05/2018	02/05/2018	02/05/2018	02/05/2018	02/05/2018	02/05/2018	02/05/2018
Desencofrado	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018
Ensayo a la Compresión	09/05/2018	09/05/2018	16/05/2018	16/05/2018	30/05/2018	30/05/2018	30/05/2018

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.21. Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas con 5% de Relave Minero 01

Tiempo de Curado	7 Días		14 Días		28 Días		
Nombre de Probeta	CR5-01 (1)	CR5-01 (2)	CR5-01 (3)	CR5-01 (4)	CR5-01 (5)	CR5-01 (6)	CR5-01 (7)
Elaboración	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018
Desencofrado	04/05/2018	04/05/2018	04/05/2018	04/05/2018	04/05/2018	04/05/2018	04/05/2018
Ensayo a la Compresión	10/05/2018	10/05/2018	17/05/2018	17/05/2018	31/05/2018	31/05/2018	31/05/2018

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.22. Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas con 10% de Relave Minero 01

Tiempo de Curado	7 Días		14 Días		28 Días		
Nombre de Probeta	CR10-01 (1)	CR10-01 (2)	CR10-01 (3)	CR10-01 (4)	CR10-01 (5)	CR10-01 (6)	CR10-01 (7)
Elaboración	04/05/2018	04/05/2018	04/05/2018	04/05/2018	04/05/2018	04/05/2018	04/05/2018
Desencofrado	05/05/2018	05/05/2018	05/05/2018	05/05/2018	05/05/2018	05/05/2018	05/05/2018
Ensayo a la Compresión	11/05/2018	11/05/2018	18/05/2018	18/05/2018	01/06/2018	01/06/2018	01/06/2018

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.23. Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas con 15% de Relave Minero 01

Tiempo de Curado	7 Días		14 Días		28 Días		
Nombre de Probeta	CR15-01 (1)	CR15-01 (2)	CR15-01 (3)	CR15-01 (4)	CR15-01 (5)	CR15-01 (6)	CR15-01 (7)
Elaboración	05/05/2018	05/05/2018	05/05/2018	05/05/2018	05/05/2018	05/05/2018	05/05/2018
Desencofrado	06/05/2018	06/05/2018	06/05/2018	06/05/2018	06/05/2018	06/05/2018	06/05/2018
Ensayo a la Compresión	12/05/2018	12/05/2018	19/05/2018	19/05/2018	02/06/2018	02/06/2018	02/06/2018

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.24. Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas Patrón 02

Tiempo de Curado	7 Días		14 Días		28 Días		
Nombre de Probeta	CP-02 (1)	CP-02 (2)	CP-02 (3)	CP-02 (4)	CP-02 (5)	CP-02 (6)	CP-02 (7)
Elaboración	08/05/2018	08/05/2018	08/05/2018	08/05/2018	08/05/2018	08/05/2018	08/05/2018
Desencofrado	09/05/2018	09/05/2018	09/05/2018	09/05/2018	09/05/2018	09/05/2018	09/05/2018
Ensayo a la Compresión	15/05/2018	15/05/2018	22/05/2018	22/05/2018	05/06/2018	05/06/2018	05/06/2018

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.25. Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas con 5% de Relave Minero 02

Tiempo de Curado	7 Días		14 Días		28 Días		
Nombre de Probeta	CR5-02 (1)	CR5-02 (2)	CR5-02 (3)	CR5-02 (4)	CR5-02 (5)	CR5-02 (6)	CR5-02 (7)
Elaboración	09/05/2018	09/05/2018	09/05/2018	09/05/2018	09/05/2018	09/05/2018	09/05/2018
Desencofrado	10/05/2018	10/05/2018	10/05/2018	10/05/2018	10/05/2018	10/05/2018	10/05/2018
Ensayo a la Compresión	16/05/2018	16/05/2018	23/05/2018	23/05/2018	06/06/2018	06/06/2018	06/06/2018

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.26. Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas con 10% de Relave Minero 02

Tiempo de Curado	7 Días		14 Días		28 Días		
Nombre de Probeta	CR10-02 (1)	CR10-02 (2)	CR10-02 (3)	CR10-02 (4)	CR10-02 (5)	CR10-02 (6)	CR10-02 (7)
Elaboración	10/05/2018	10/05/2018	10/05/2018	10/05/2018	10/05/2018	10/05/2018	10/05/2018
Desencofrado	11/05/2018	11/05/2018	11/05/2018	11/05/2018	11/05/2018	11/05/2018	11/05/2018
Ensayo a la Compresión	17/05/2018	17/05/2018	24/05/2018	24/05/2018	07/06/2018	07/06/2018	07/06/2018

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.27. Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas con 15% de Relave Minero

Tiempo de Curado	7 Días		14 Días		28 Días		
Nombre de Probeta	CR15-02 (1)	CR15-02 (2)	CR15-02 (3)	CR15-02 (4)	CR15-02 (5)	CR15-02 (6)	CR15-02 (7)
Elaboración	11/05/2018	11/05/2018	11/05/2018	11/05/2018	11/05/2018	11/05/2018	11/05/2018
Desencofrado	12/05/2018	12/05/2018	12/05/2018	12/05/2018	12/05/2018	12/05/2018	12/05/2018
Ensayo a la Compresión	18/05/2018	18/05/2018	25/05/2018	25/05/2018	08/06/2018	08/06/2018	08/06/2018

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.28. Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas Patrón 03

Tiempo de Curado	7 Días		14 Días		28 Días		
Nombre de Probeta	CP-03 (1)	CP-03 (2)	CP-03 (3)	CP-03 (4)	CP-03 (5,6,7)	M-1	M-2
Elaboración	27/06/2018	27/06/2018	27/06/2018	27/06/2018	27/06/2018	27/06/2018	27/06/2018
Desencofrado	28/06/2018	28/06/2018	28/06/2018	28/06/2018	28/06/2018	28/06/2018	28/06/2018
Ensayo a la Compresión	04/07/2018	04/07/2018	11/07/2018	11/07/2018	25/07/2018	-	-
Ensayo a la Permeabilidad	-	-	-	-	-	21/09/2018	21/09/2018

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.29. Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas con 5% de Relave Minero 03

Tiempo de Curado	7 Días		14 Días		28 Días		
Nombre de Probeta	CR5-03 (1)	CR5-03 (2)	CR5-03 (3)	CR5-03 (4)	CR5-03 (5,6,7)	M-3	M-4
Elaboración	28/06/2018	28/06/2018	28/06/2018	28/06/2018	28/06/2018	28/06/2018	28/06/2018
Desencofrado	29/06/2018	29/06/2018	29/06/2018	29/06/2018	29/06/2018	29/06/2018	29/06/2018
Ensayo a la Compresión	05/07/2018	05/07/2018	12/07/2018	12/07/2018	26/07/2018	-	-
Ensayo a la Permeabilidad	-	-	-	-	-	20/08/2018	20/08/2018

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.30. Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas con 10% de Relave Minero 03

Tiempo de Curado	7 Días		14 Días		28 Días		
Nombre de Probeta	CR10-03 (1)	CR10-03 (2)	CR10-03 (3)	CR10-03 (4)	CR10-03 (5,6,7)	M-5	M-6
Elaboración	29/06/2018	29/06/2018	29/06/2018	29/06/2018	29/06/2018	29/06/2018	29/06/2018
Desencofrado	30/06/2018	30/06/2018	30/06/2018	30/06/2018	30/06/2018	30/06/2018	30/06/2018
Ensayo a la Compresión	06/07/2018	06/07/2018	13/07/2018	13/07/2018	27/07/2018	-	-
Ensayo a la Permeabilidad	-	-	-	-	-	20/08/2018	20/08/2018

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.31. Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas con 15% de Relave Minero 03

Tiempo de Curado	7 Días		14 Días		28 Días		
Nombre de Probeta	CR15-03 (1)	CR15-03 (2)	CR15-03 (3)	CR15-03 (4)	CR15-03 (5,6,7)	M-7	M-8
Elaboración	30/06/2018	30/06/2018	30/06/2018	30/06/2018	30/06/2018	30/06/2018	30/06/2018
Desencofrado	01/07/2018	01/07/2018	01/07/2018	01/07/2018	01/07/2018	01/07/2018	01/07/2018
Ensayo a la Compresión	07/07/2018	07/07/2018	14/07/2018	14/07/2018	28/07/2018	-	-
Ensayo a la Permeabilidad	-	-	-	-	-	20/08/2018	20/08/2018

Fuente: Los autores (2018).

4.5. Ensayos al Concreto en Estado Fresco

4.5.1. Asentamiento del Concreto (Slump)

De acuerdo a la NTP 339.035, se siguió el procedimiento para determinar el asentamiento del concreto para cada diseño de mezcla.

En la **tabla 4.32.**, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de las propiedades del concreto fresco.

Tabla 4.32. Asentamiento del Concreto (Slump) para cada Diseño de mezcla

Descripción	Slump (pulg)
Concreto Patrón (CP-01)	7
Concreto + Relave Minero 5% (CR5-01)	7
Concreto + Relave Minero 10% (CR10-01)	6
Concreto + Relave Minero 15% (CR15-01)	6
Concreto Patrón (CP-02)	5
Concreto + Relave Minero 5% (CR5-02)	6
Concreto + Relave Minero 10% (CR10-02)	5
Concreto + Relave Minero 15% (CR15-02)	5
Concreto Patrón (CP-03)	5
Concreto + Relave Minero 5% (CR5-03)	5
Concreto + Relave Minero 10% (CR10-03)	6
Concreto + Relave Minero 15% (CR15-03)	6

Fuente: Los autores (2018).

4.5.2. Peso Unitario (PUCS) y Contenido de Aire (%) del Concreto.

De acuerdo a la NTP 339.046, se siguió el procedimiento para determinar el peso unitario y contenido de aire del concreto según la NTP 339.080 para cada diseño de mezcla.

En las **tablas 4.33 y 4.34.**, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de las propiedades del peso unitario y contenido de aire del concreto.

Tabla 4.33. Peso Unitario (PUC) del Concreto

Descripción	PUCS (kg/m ³)
Concreto Patrón (CP-01)	2341
Concreto + Relave Minero 5% (CR5-01)	2348
Concreto + Relave Minero 10% (CR10-01)	2343
Concreto + Relave Minero 15% (CR15-01)	2342
Concreto Patrón (CP-02)	2355
Concreto + Relave Minero 5% (CR5-02)	2355
Concreto + Relave Minero 10% (CR10-02)	2357
Concreto + Relave Minero 15% (CR15-02)	2367
Concreto Patrón (CP-03)	2340
Concreto + Relave Minero 5% (CR5-03)	2348
Concreto + Relave Minero 10% (CR10-03)	2347
Concreto + Relave Minero 15% (CR15-03)	2342

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.34. Contenido de Aire (%) del Concreto

Descripción	Aire (%)
Concreto Patrón (CP-01)	0.8
Concreto + Relave Minero 5% (CR5-01)	0.9
Concreto + Relave Minero 10% (CR10-01)	0.9
Concreto + Relave Minero 15% (CR15-01)	1.1
Concreto Patrón (CP-02)	1.3
Concreto + Relave Minero 5% (CR5-02)	1.3
Concreto + Relave Minero 10% (CR10-02)	1.3
Concreto + Relave Minero 15% (CR15-02)	1.4
Concreto Patrón (CP-03)	1.3
Concreto + Relave Minero 5% (CR5-03)	1.1
Concreto + Relave Minero 10% (CR10-03)	1.2
Concreto + Relave Minero 15% (CR15-03)	1.3

Fuente: Los autores (2018).

4.5.3. Temperatura del Concreto (°C)

De acuerdo a la NTP 339.184, se siguió el procedimiento para determinar la temperatura del concreto para cada diseño de mezcla.

En la **tabla 4.35.**, se muestra los resultados obtenidos de la temperatura.

Tabla 4.35. Temperatura (°C) del Concreto

Descripción	Temperatura (°C)
Concreto Patrón (CP-01)	23.0
Concreto + Relave Minero 5% (CR5-01)	23.0
Concreto + Relave Minero 10% (CR10-01)	22.5
Concreto + Relave Minero 15% (CR15-01)	23.0
Concreto Patrón (CP-02)	22.5
Concreto + Relave Minero 5% (CR5-02)	22.5
Concreto + Relave Minero 10% (CR10-02)	22.0
Concreto + Relave Minero 15% (CR15-02)	22.5
Concreto Patrón (CP-03)	21.0
Concreto + Relave Minero 5% (CR5-03)	22.0
Concreto + Relave Minero 10% (CR10-03)	22.5
Concreto + Relave Minero 15% (CR15-03)	21.5

Fuente: Los autores (2018).

4.6. Ensayos de Resistencia a Compresión

De acuerdo a la NTP 339.034:2015, se siguió el procedimiento para determinar la resistencia a compresión en probetas cilíndricas.

En la presente investigación, se ensayaron un total de 84 probetas cilíndricas de $\varnothing=15$ cm y $h=30$ cm, correspondiente a cada diseño de mezcla elaborado, a 7, 14 y 28 días de curado.

A continuación, en la **tabla 4.36.**, se muestran los resultados promedios alcanzada a diferentes edades de curado por cada diseño de mezcla elaborado.

Tabla 4.36. Resultados de la Resistencia a Compresión

% Relave Minero X Arena	Tiempo de Curado (días)	Resistencia a Compresión Promedio (kgf/cm ²)
0%	7	198
	14	249
	28	298
5%	7	198
	14	249
	28	298
10%	7	243
	14	290
	28	328
15%	7	191
	14	247
	28	297

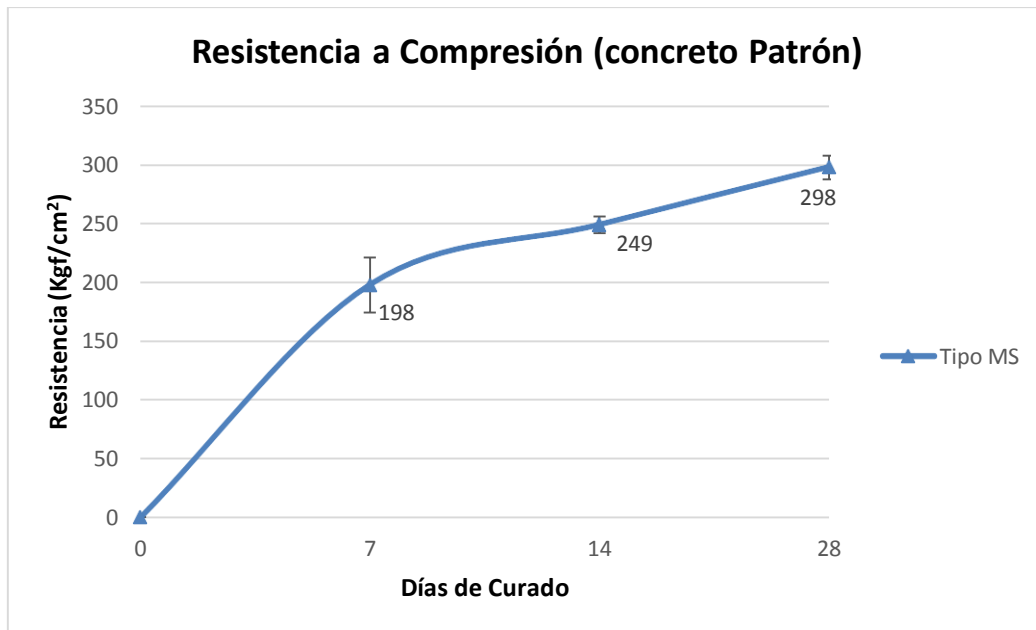
Fuente: Los autores (2018).

4.6.1. Resistencia a Compresión del Concreto Patrón

En la **figura 4.4.**, se muestra la evolución de la resistencia a compresión máxima promedio alcanzada, en un concreto patrón, para cada edad de curado, asimismo observamos las barras de desviación estándar.

- 7 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 198 kgf/cm².
- 14 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 249 kgf/cm².
- 28 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 298 kgf/cm².

Figura 4.4. Resistencia a Compresión del Concreto Patrón



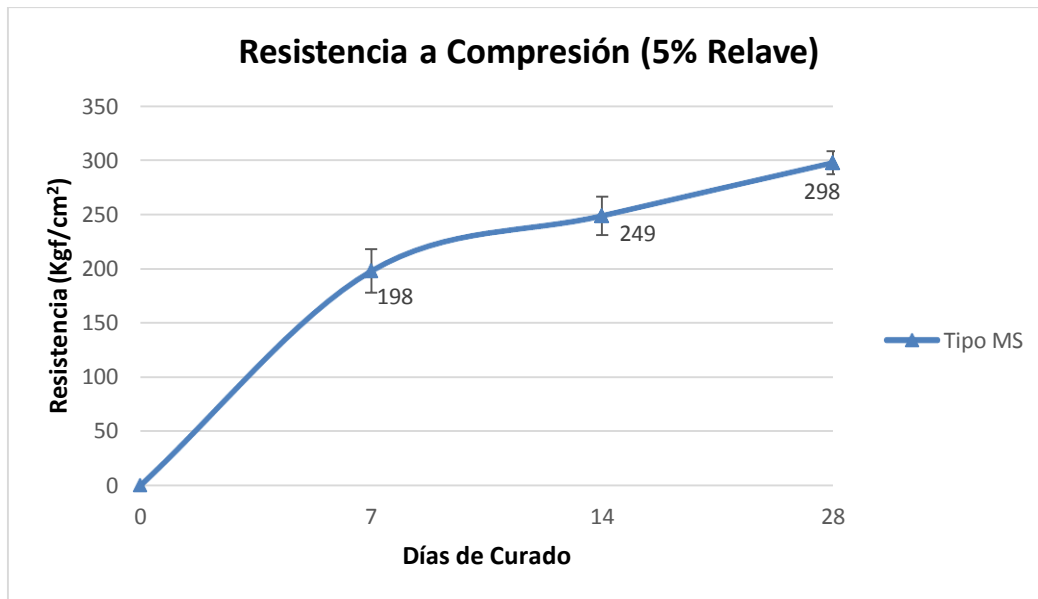
Fuente: Los autores (2018).

4.6.2. Resistencia a Compresión del Concreto con 5% de Relave

En la **figura 4.5.**, se muestra la evolución de la resistencia a compresión máxima promedio alcanzada, en un concreto con 5% de Relave, para cada edad de curado, asimismo observamos las barras de desviación estándar.

- 7 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 198 kgf/cm².
- 14 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 249 kgf/cm².
- 28 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 298 kgf/cm².

Figura 4.5. Resistencia a Compresión del Concreto con 5% de Relave



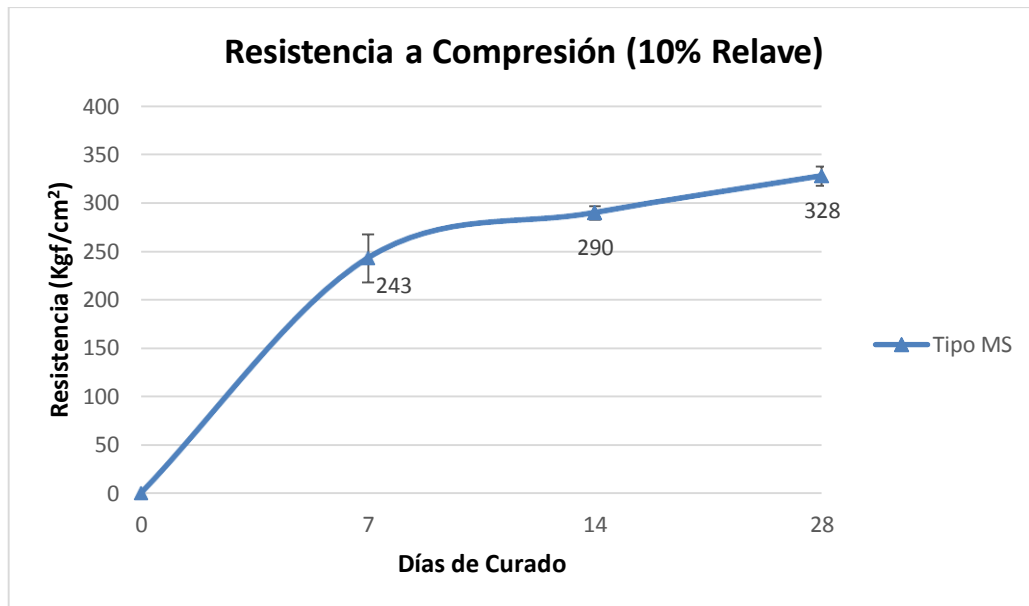
Fuente: Los autores (2018).

4.6.3. Resistencia a Compresión del Concreto con 10% de Relave

En la **figura 4.6.**, se muestra la evolución de la resistencia a compresión máxima promedio alcanzada, en un concreto con 10% de Relave, para cada edad de curado, asimismo observamos las barras de desviación estándar.

- 7 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 243 kgf/cm².
- 14 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 290 kgf/cm².
- 28 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 328 kgf/cm².

Figura 4.6. Resistencia a Compresión del Concreto con 10% de Relave



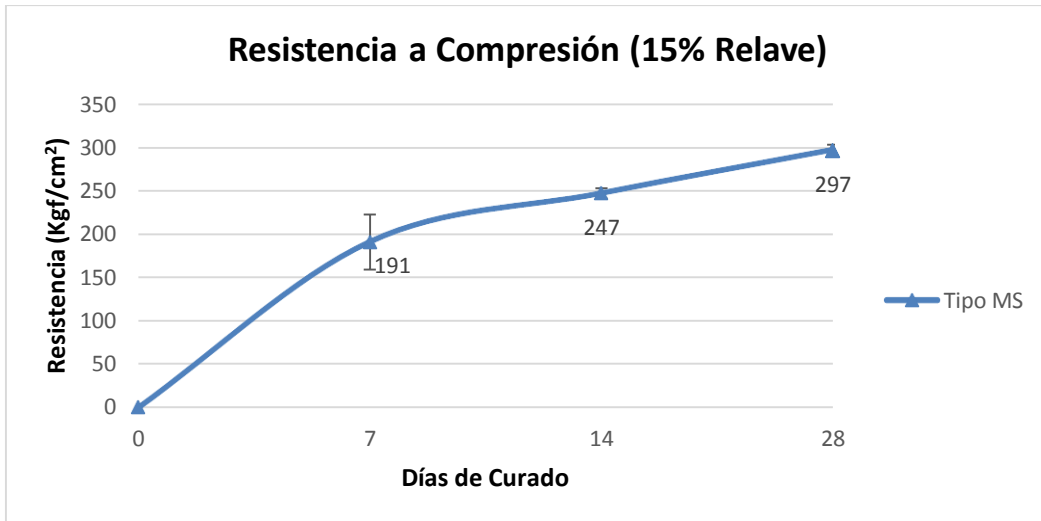
Fuente: Los autores (2018).

4.6.4. Resistencia a Compresión del Concreto con 15% de Relave

En la **figura 4.7.**, se muestra la evolución de la resistencia a compresión máxima promedio alcanzada, en un concreto con 15% de Relave, para cada edad de curado, asimismo observamos las barras de desviación estándar.

- 7 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 191 kgf/cm².
- 14 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 247 kgf/cm².
- 28 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 297 kgf/cm².

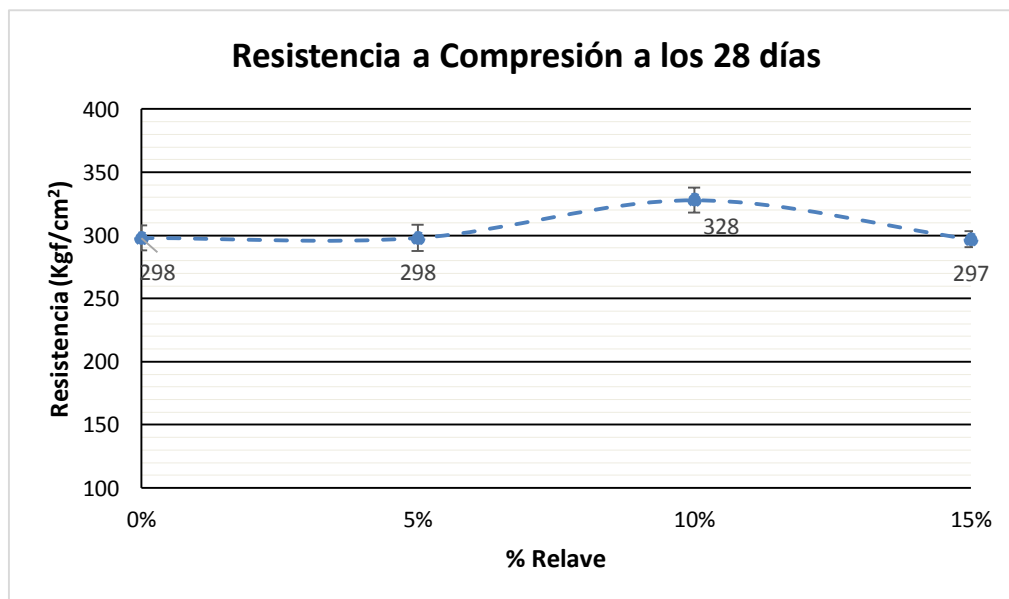
Figura 4.7. Resistencia a Compresión del Concreto con 15% de Relave



Fuente: Los autores (2018).

Analizando los resultados anteriormente expuestos, se recopila en la siguiente **figura 4.8.**, el comportamiento del concreto para diferentes de sustitución del agregado fino por relave minero. Se observa que el 10% alcanza el pico más alto en la resistencia a compresión de diseño de 175 kgf/cm². Sin embargo, se aprecia una caída de la resistencia cuando ya tiene más del 15%, siendo indicio para no seguir incrementando de relave minero, asimismo observamos las barras de desviación estándar.

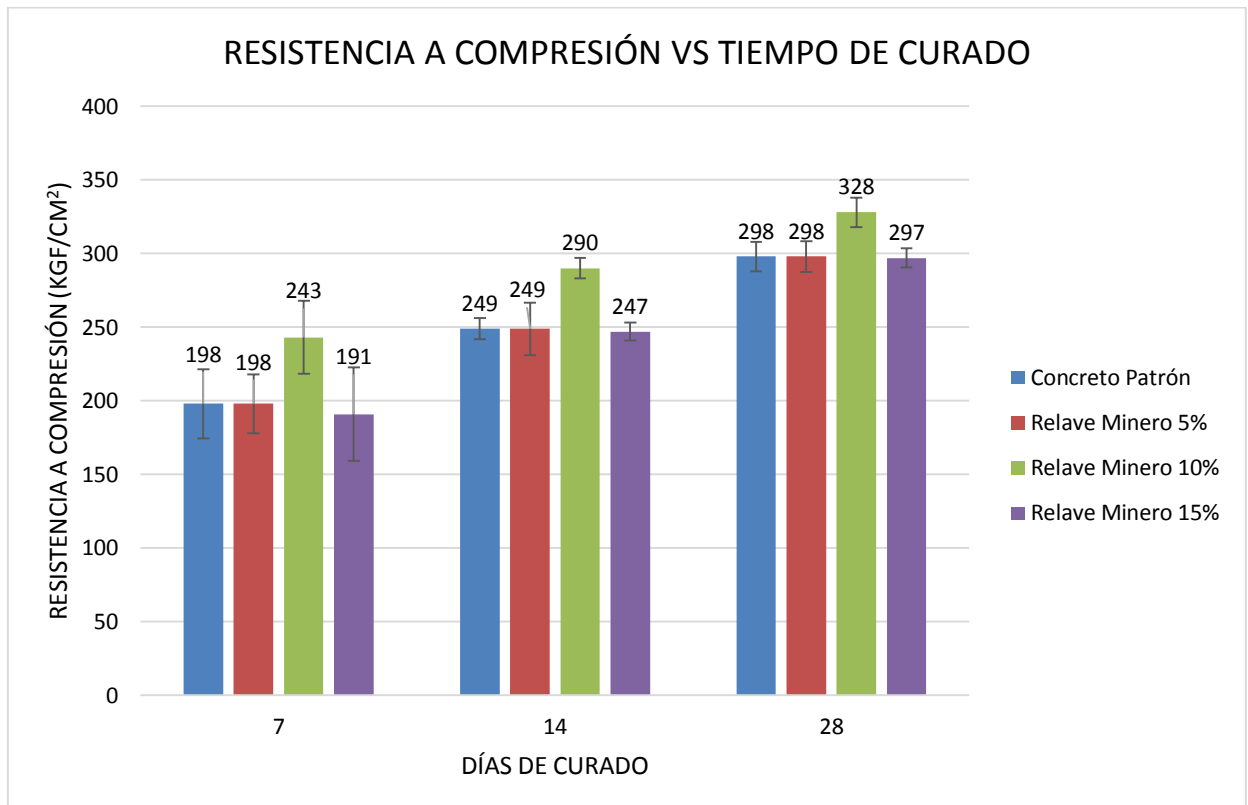
Figura 4.8. Resistencia a Compresión del Concreto a los 28 días de curado



Fuente: Los autores (2018).

En la **figura 4.9.**, se muestra las evoluciones de las resistencias de los concretos por cada porcentaje de relave minero. Esta mezcla ha sido alterada en sus agregados, usando el 15% de relave minero y 85% de arena, asimismo observamos las barras de desviación estándar.

Figura 4.9. Resistencia a Compresión vs Tiempo de Curado



Fuente: Los autores (2018).

Los resultados obtenidos de resistencia a compresión, muestran resultados similares evaluando un concreto patrón y un concreto con 5% de relave minero, asimismo el incremento de la resistencia en concreto con relave minero se evidencia comparando los valores obtenidos en cada porcentaje. Por lo tanto, cuando se reemplaza el 10% de relave minero, se aprecia un incremento mayor a los demás porcentajes en cada tiempo de curado.

4.7. Ensayo de Penetración de Agua Bajo Presión (Permeabilidad)

De acuerdo a la norma UNE-EN 12390-8:2011, se siguió el procedimiento para determinar la de penetración de agua bajo presión en probetas cilíndricas de diámetro $\varnothing=15$ cm y una altura $h=15$ cm.

A continuación, en la **tabla 4.37.**, se muestra los resultados obtenidos luego de realizar el ensayo de penetración de agua bajo presión a cada tipo de concreto elaborado, cabe precisar que se realizó la medición de este ensayo con un vernier.

Considerar que 0% significa que es el concreto patrón.

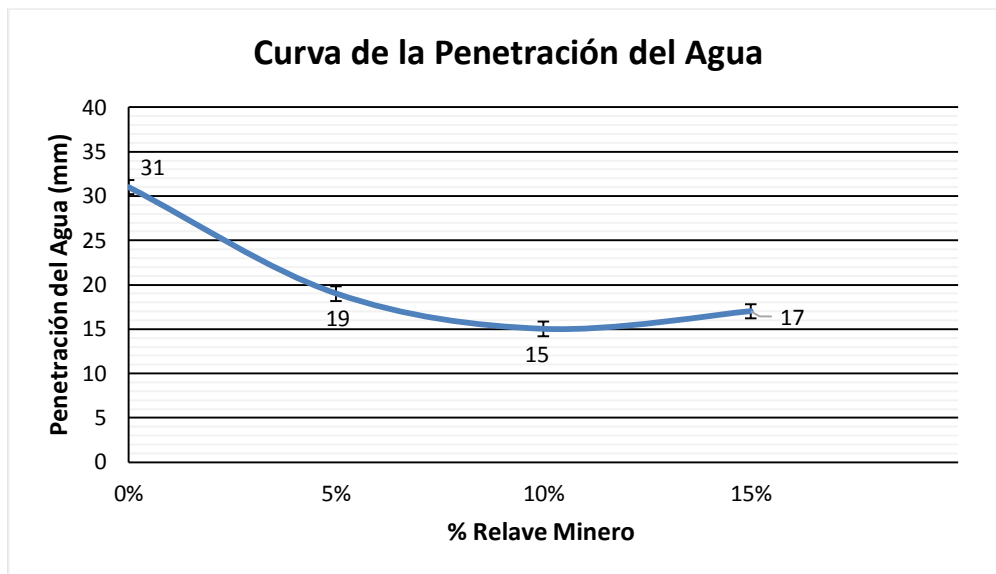
Tabla 4.37. Resultados de ensayo de Penetración de Agua Bajo Presión

% Relave Minero X Arena	Muestra	Max. Profundidad Media (mm)	Max. Profundidad Media Promedio (mm)
0%	M-1	31.5	31
	M-2	30.5	
5%	M-3	19.5	19
	M-4	18.5	
10%	M-5	15.5	15
	M-6	14.5	
15%	M-7	16.5	17
	M-8	17.5	

Fuente: Los autores (2018).

A continuación, se presenta en la **figura 4.10.**, el comportamiento que tiene el concreto con diferentes porcentajes de Relave Minero con respecto al peso del agregado fino, asimismo observamos las barras de desviación estándar.

Figura 4.10. Profundidad de Penetración de Agua Bajo Presión



Fuente: Los autores (2018).

4.8. Validación de Hipótesis mediante análisis estadístico

Se realizó mediante un contraste entre el patrón y los tres porcentajes, 5%, 10% y 15% de la sustitución del agregado fino por relave minero para los parámetros de Diseño a la Compresión y Permeabilidad, a través de la prueba estadística de ANOVA. Para los contrastes es muy importante evaluar que cumpla con dos aspectos:

- La variable cuantitativa debe distribuirse Normal en cada uno de los grupos que se comparan (**CRITERIO DE NORMALIDAD**).
- Las varianzas de la distribución de la variable cuantitativa en las poblaciones de las que provienen los grupos que se comparan deben ser homogéneas (**CRITERIO DE HOMOCEASTICIDAD**).

El valor de error tomado para la realización de la prueba de estadística es (α : Porcentaje de error 0.05):

- Si la probabilidad obtenida **P-Valor ≥ 0.05** , se acepta la hipótesis nula (H_0)
- Si la probabilidad obtenida **P-Valor < 0.05** , se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1).

Donde:

- (H_0): Hipótesis Nula
- (H_1): Hipótesis Alterna

a) Criterio de Normalidad

Haciendo el uso de la prueba de Shapiro–Wilk, se comprueba el criterio de Normalidad de los datos, la cual se ingresó los datos de la resistencia a la compresión y permeabilidad al software SPSS v24.0.

Tabla 4.38. Resultados de la Prueba de Normalidad en la variable de resistencia a compresión en 28 días.

Prueba de Normalidad				
	% Relave	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la Compresión	Patrón	0.959	9	0.786
	5%	0.918	9	0.372
	10%	0.981	9	0.969
	15%	0.940	9	0.586

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.39. Resultados de la Prueba de Normalidad en la variable de Permeabilidad

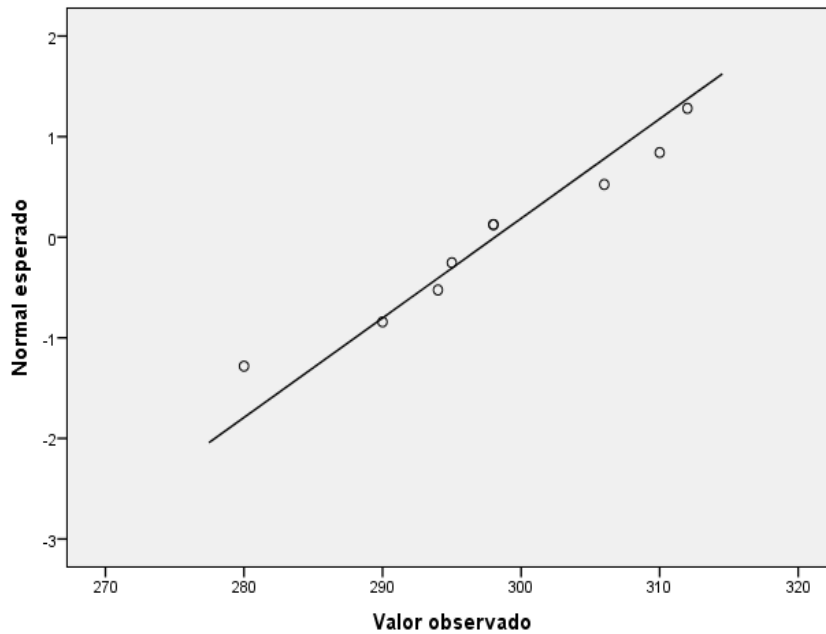
Prueba de Normalidad				
	% Relave	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Permeabilidad	Patrón	0.945	4	0.683
	5%	0.945	4	0.683
	10%	0.945	4	0.683
	15%	0.945	4	0.683

Fuente: Los autores (2018).

De acuerdo a las **tablas 4.38., y 4.39.**, los resultados obtenidos de la resistencia a compresión y permeabilidad, presentan una distribución normal en los 4 grupos, debido a que su nivel de significancia es mayor al porcentaje de error de 0,05. Por lo cual aceptamos la hipótesis nula.

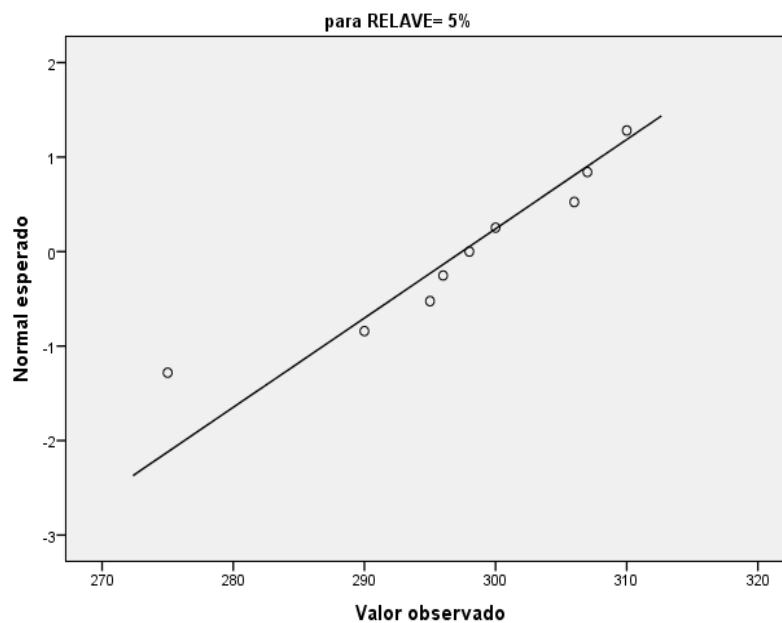
A continuación, en las **figuras 4.11, 4.12, 4.13 y 4.14**, se observa la distribución normal para la variable de Resistencia a Compresión para el patrón y cada porcentaje de relave (5%, 10% y 15%), con respecto del peso del agregado fino.

Figura 4.11. Grafico Q-Q normal de la variable Resistencia a Compresión para Patrón



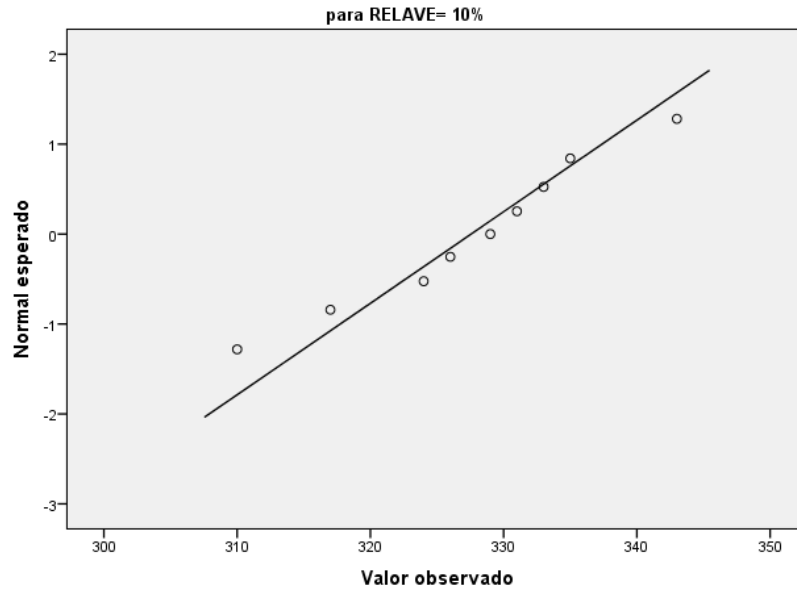
Fuente: Los autores (2018).

Figura 4.12. Grafico Q-Q normal de la variable Resistencia a Compresión para 5% de Relave



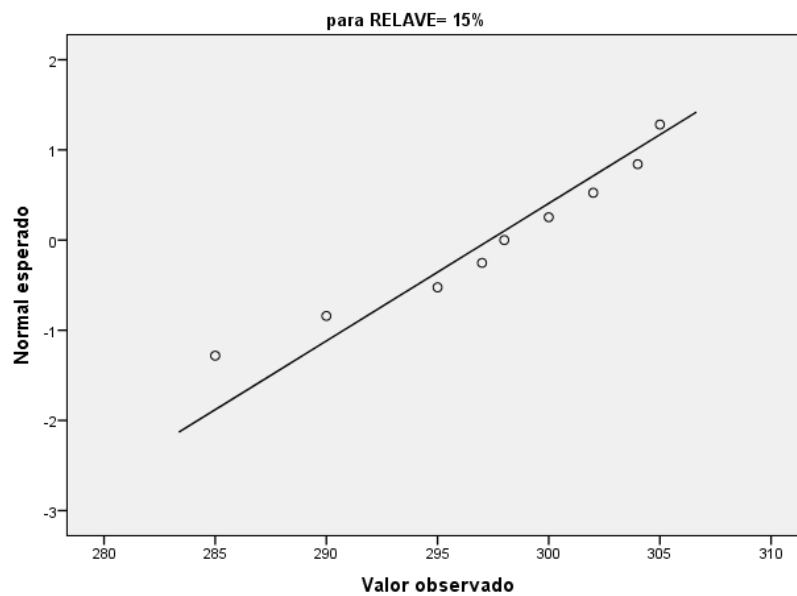
Fuente: Los autores (2018).

Figura 4.13. Grafico Q-Q normal de la variable Resistencia a Compresión para 10% de Relave



Fuente: Los autores (2018).

Figura 4.14. Grafico Q-Q normal de la variable Resistencia a Compresión para 15% de Relave

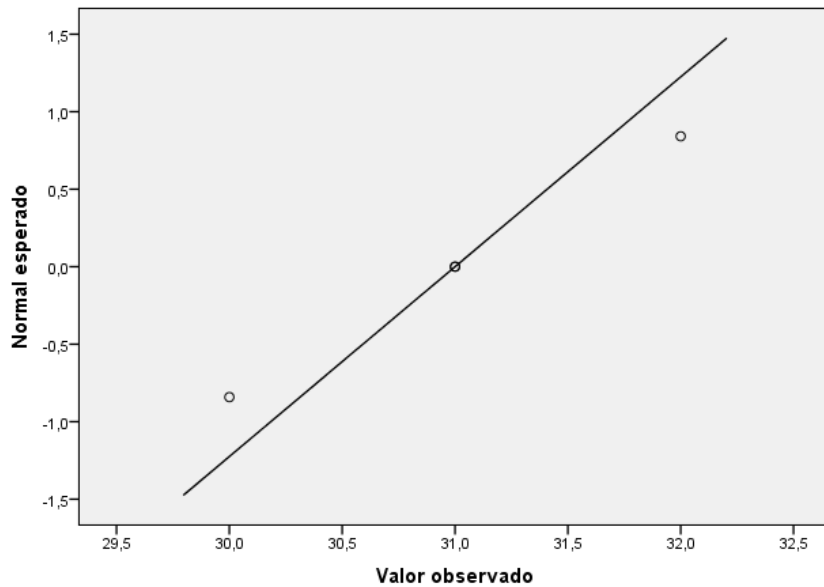


Fuente: Los autores (2018).

Tenemos una representación gráfica de la distribución de la variable cuantitativa (resistencia a compresión), y nos sirve para una aproximación visual al contraste de hipótesis, que planteará como hipótesis nula (H_0) “que la distribución es normal en los grupos”.

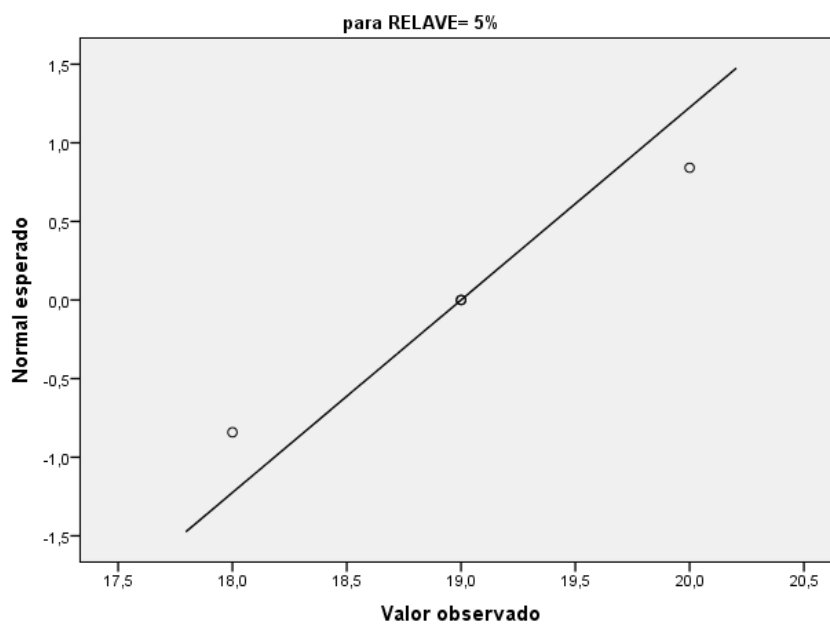
A continuación, en las **figuras 4.15, 4.16, 4.17 y 4.18**, se observa la distribución normal para la variable de Permeabilidad para el patrón y cada porcentaje de relave (5%, 10% y 15%), con respecto del peso del agregado fino.

Figura 4.15. Grafico Q-Q normal de la variable Permeabilidad para Patrón



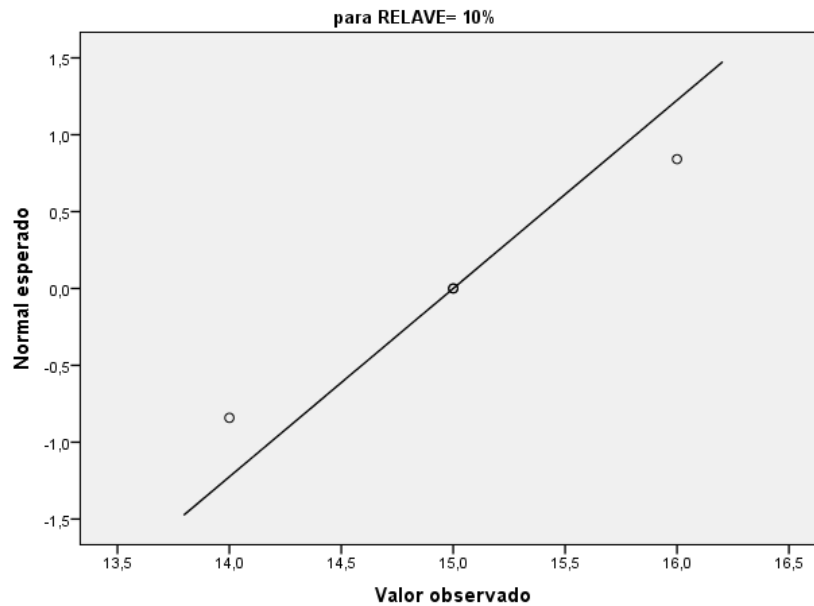
Fuente: Los autores (2018).

Figura 4.16. Grafico Q-Q normal de la variable Permeabilidad para 5% de Relave



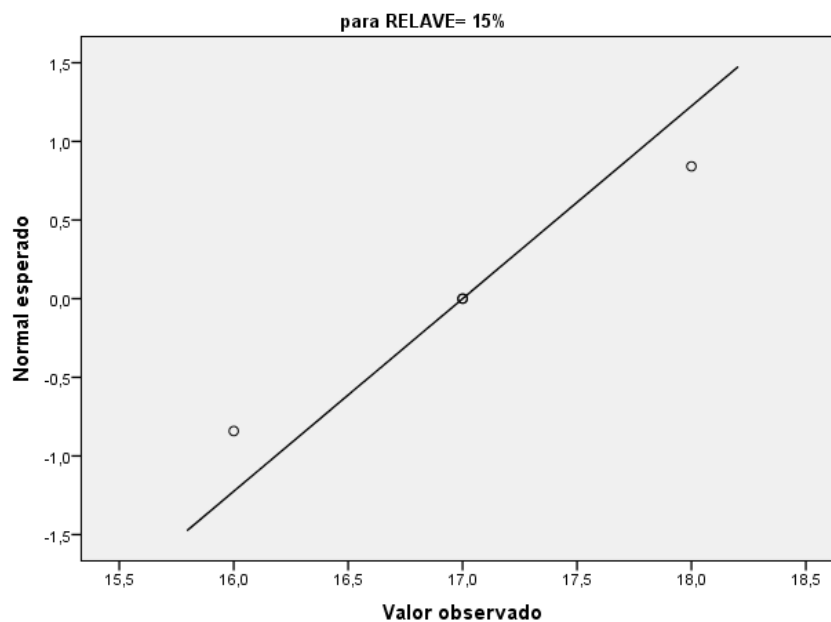
Fuente: Los autores (2018).

Figura 4.17. Grafico Q-Q normal de la variable Permeabilidad para 10% de Relave



Fuente: Los autores (2018).

Figura 4.18. Grafico Q-Q normal de la variable Permeabilidad para 15% de Relave



Fuente: Los autores (2018).

Tenemos una representación gráfica de la distribución de la variable cuantitativa, y nos sirve para una aproximación visual al contraste de hipótesis, que planteará como hipótesis nula (H_0) “que la distribución es normal en los grupos”.

b) Criterio de Homocedasticidad

Haciendo el uso de la prueba de Levene, se comprueba el criterio de Homocedasticidad, la cual se ingresó los datos de la resistencia a la compresión y permeabilidad al software SPSS v24.0.

Tabla 4.40. Prueba de Homogeneidad de varianzas para la variable Resistencia a Compresión

Prueba de Homogeneidad de Varianza			
Resistencia a la Compresión			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0.406	3	32	0.750

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.41. Prueba de Homogeneidad de varianzas para la variable Permeabilidad

Prueba de Homogeneidad de Varianza			
Permeabilidad			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0.000	3	12	1.000

Fuente: Los autores (2018).

De acuerdo a las **tablas 4.40., y 4.41.**, los resultados obtenidos de la resistencia a compresión y permeabilidad, muestra una distribución normal, debido a que su nivel de significancia es mayor al porcentaje de error de 0,05. Por lo cual aceptamos la hipótesis nula.

Luego de haber evaluado y verificado el criterio de normalidad y homocedasticidad, que cuentan con una distribución normal de los datos de las variables dependientes por medio de la prueba de Shapiro-Wilk y Levene, se procede a utilizar la prueba paramétrica análisis de varianza (ANOVA), para poder comprobar la igualdad o no de los promedios aritméticos de las muestras. Los criterios a tomar en cuenta para la decisión estadística son:

- ✓ Si la probabilidad obtenida P-Valor ≤ 0.05 , se rechaza la hipótesis Nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1).
- ✓ Si la probabilidad obtenida P-Valor >0.05 , se acepta la hipótesis Nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_1).

Por último, evaluamos el ANOVA, el cual nos sirve para comparar varios grupos en una variable cuantitativa. Esta prueba contrasta la hipótesis H_0 (hipótesis nula) de que “No existen diferencias significativas entre los grupos”

Tabla 4.42. Prueba de ANOVA para la variable Resistencia a Compresión 28 días

ANOVA					
Resistencia a la Compresión					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	6048.22	3	2016.074	22.802	0.000
Dentro de grupos	2829.33	32	88.417		
Total	8877.556	35			

Fuente: Los autores (2018).

Para llevar a cabo el contraste, se acude al estadístico F de Snedecor, que en nuestro caso para la resistencia a la compresión a los 28 días sale 22.802 y tiene un valor “p” asociado de 0.000 (significativo), como se muestra en la **tabla 4.42**. Con esto se prueba que “si existen diferencias significativas entre los grupos”.

Tabla 4.43. Prueba de ANOVA para la variable Permeabilidad

ANOVA					
Permeabilidad					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	620.000	3	206.667	310.000	0.000
Dentro de grupos	8.000	12	0.667		
Total	628.000	15			

Fuente: Los autores (2018).

Para llevar a cabo el contraste, se acude al estadístico F de Snedecor, que en nuestro caso para la Permeabilidad sale 310.000 y tiene un valor “p” asociado de 0.000 (significativo), como se muestra en la **tabla 4.43**. Con esto se prueba que “si existen diferencias significativas entre los grupos”.

c) Post Hoc (Prueba de Contraste)

Por lo tanto, cumpliendo con los dos criterios de normalidad y homogeneidad de varianzas, procedemos a aplicar la prueba estadística de Tukey.

Tabla 4.44. Comparación Múltiple para la variable Resistencia a Compresión 28 días

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente:		Resistencia la Compresión 28 días				
HSD Tukey						
(I) grupo2	(J) grupo1	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Patrón	5%	0.66667	4.43262	0.999	-11.3429	12.6762
	10%	-29,44444*	4.43262	0.000	-41.4540	-17.4349
	15%	0.77778	4.43262	0.998	-11.2318	12.7874
5%	Patrón	-0.66667	4.43262	0.999	-12.6762	11.3429
	10%	-30,11111*	4.43262	0.000	-42.1207	-18.1015
	15%	0.11111	4.43262	1.000	-11.8985	12.1207
10%	Patrón	29,44444*	4.43262	0.000	17.4349	41.4540
	5%	30,11111*	4.43262	0.000	18.1015	42.1207
	15%	30,22222*	4.43262	0.000	18.2126	42.2318
15%	Patrón	-0.77778	4.43262	0.998	-12.7874	11.2318
	5%	-0.11111	4.43262	1.000	-12.1207	11.8985
	10%	-30,22222*	4.43262	0.000	-42.2318	-18.2126

Fuente: Los autores (2018).

En la **tabla 4.44**, vemos las comparaciones múltiples de cada grupo de resistencia a la compresión de acuerdo con el porcentaje de relave se compara con los otros tres, obteniéndose en cada contraste la diferencia de medias, el IC95%, el error estándar y el valor "p" asociado.

Tabla 4.45. Comparación Múltiple para la variable Permeabilidad

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente:		Permeabilidad				
HSD Tukey						
(I) grupo2	(J) grupo1	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Patrón	5%	12,00000*	0.57735	0.000	10.2859	13.7141
	10%	16,00000*	0.57735	0.000	14.2859	17.7141
	15%	14,00000*	0.57735	0.000	12.2859	15.7141
5%	Patrón	-12,00000*	0.57735	0.000	-13.7141	-10.2859
	10%	4,00000*	0.57735	0.000	2.2859	5.7141
	15%	2,00000*	0.57735	0.021	0.2859	3.7141
10%	Patrón	-16,00000*	0.57735	0.000	-17.7141	-14.2859
	5%	-4,00000*	0.57735	0.000	-5.7141	-2.2859
	15%	-2,00000*	0.57735	0.021	-3.7141	-0.2859
15%	Patrón	-14,00000*	0.57735	0.000	-15.7141	-12.2859
	5%	-2,00000*	0.57735	0.021	-3.7141	-0.2859
	10%	2,00000*	0.57735	0.021	0.2859	3.7141

Fuente: Los autores (2018).

En la **tabla 4.45.**, vemos las comparaciones múltiples de cada grupo de Permeabilidad de acuerdo con el porcentaje de relave se compara con los otros tres, obteniéndose en cada contraste la diferencia de medias, el IC95%, el error estándar y el valor "p" asociado.

Tabla 4.46. Subconjunto Homogéneo para la variable resistencia a compresión 28 días.

28 días			
HSD Tukey ^a			
Grupo ³	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
15%	9	297.33	
5%	9	297.44	
Patrón	9	298.11	
10%	9		327.56
Sig.		1.000	1.000

Fuente: Los autores (2018).

En la **Tabla 4.46**, Podemos concluir que cuando se aplica el 10% de relave se obtiene una mejor resistencia la compresión, debido a que solo con este valor se obtiene resultados significativos.

Tabla 4.47. Subconjunto homogéneo para la variable Permeabilidad

Permeabilidad					
HSD Tukey ^a					
Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
10%	4	15.00			
15%	4		17.00		
5%	4			19.00	
Patrón	4				31.00
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Los autores (2018).

Esta prueba se aplicó a los datos de la variable dependiente (Permeabilidad), donde se pudo comprobar, según la **tabla 4.45.**, que los resultados obtenidos presentan diferencia significativa, debido a que su nivel de significancia es menor a 0.05.

Es por ello que, para comprobar la hipótesis planteada, se procede a comparar las medias de cada grupo analizado, con y sin relave minero propuesta, tal como se observa en la **tabla 4.47.**

4.9. Representación Matemática de los resultados

Para llevar a cabo la representación matemática de los resultados, se tuvo que aplicar el software Microsoft Excel (regresión y correlación). Los resultados obtenidos se presentan en las **tablas 4.48., y 4.49.**, sobre las líneas de tendencia y valor “r” de correlación para cada variable estudiada. Considerar que “F’c” es la variable resistencia a la compresión; “Pm” es la variable Permeabilidad y “% RM” es el porcentaje de Relave Minero.

Tabla 4.48. Resultados de las Líneas de Tendencia de la Resistencia a Compresión a 28 días.

Líneas de Tendencia	Ecuación	Correlación
Lineal	$F'c = 55.556(\%RM) + 300.94$	0.20
Polinómica	$F'c = -121333(\%RM)^3 + 24200(\%RM)^2 - 906.67(\%RM) + 298$	1
Exponencial	$F'c = 300.64e^{0.1793(\%RM)}$	0.20

Fuente: Los autores (2018).

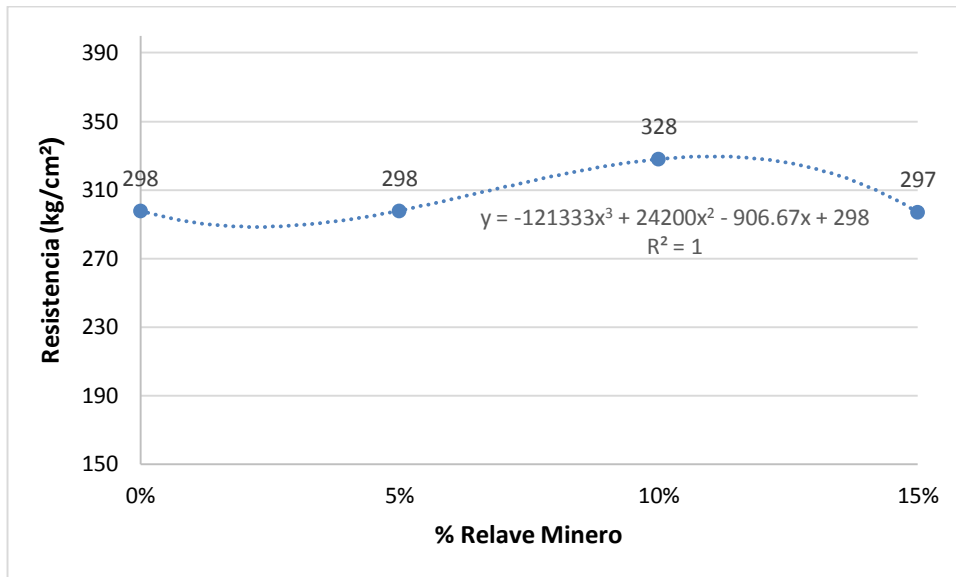
Tabla 4.49. Resultados de las Líneas de Tendencia de la Permeabilidad

Líneas de Tendencia	Ecuación	Correlación
Lineal	$Pm = -92(\%RM) + 27.4$	0.82
Polinómica	$Pm = 1400(\%RM)^2 - 302(RM) + 30.9$	0.99
Exponencial	$Pm = 26.718e^{-4.082(\%RM)}$	0.82

Fuente: Los autores (2018).

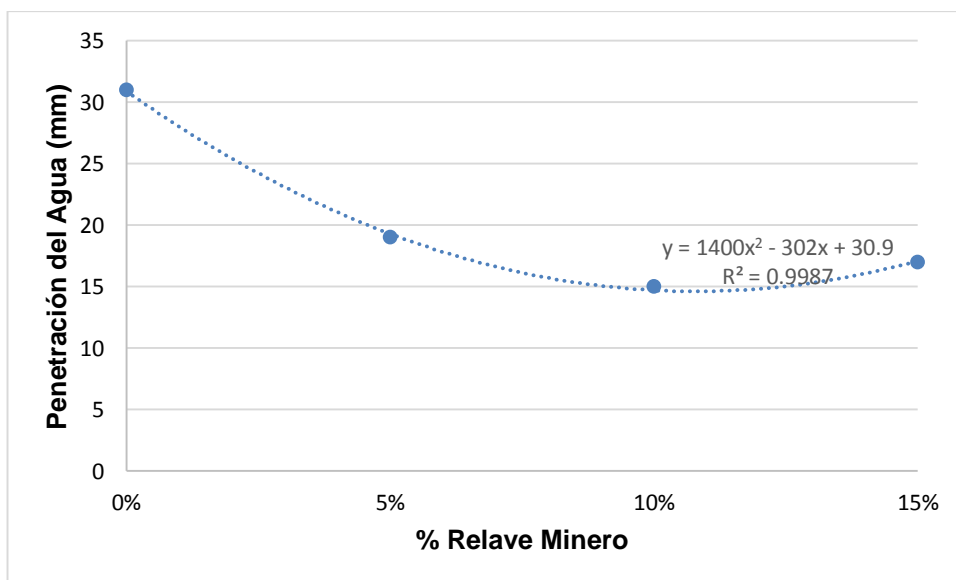
Se puede observar en las **figuras 4.19 y 4.20**, que la función Polinómica de grado 3 y 2 respectivamente, son las que se ajustan a los datos debido a que los valores de correlación de estas funciones son muy cercanos a 1.

Figura 4.19. Línea de Tendencia de Resistencia a Compresión a 28 días



Fuente: Los autores (2018).

Figura 4.20. Línea de Tendencia de Permeabilidad



Fuente: Los autores (2018).

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

5.1. Análisis de los resultados Obtenidos

5.1.1. Ensayo de los agregados

Se realizó el ensayo al agregado fino, agregado grueso y relave minero, obteniendo como resultado un contenido de humedad del 1%, 0.4% y 0.6% respectivamente, tal como se puede apreciar en las **tablas 4.1, 4.2, y 4.9**. Para el diseño de mezcla se consideraron los valores obtenidos que expresan netamente las condiciones bajo las cuales está almacenado el agregado, es decir, si se encuentran en zonas húmedas, zonas propensas a lluvias o en un lugar protegido de la intemperie.

Asimismo, el agregado fino presenta un módulo de finura de 3.09, cumpliendo con los límites máximos y mínimos de módulo de finura recomendado por la NTP 400.037 (2002). El cual debe estar en un rango no menor a 2.30 ni mayor a 3.10. El relave minero presenta un módulo de finura de 0.80, aunque su valor sea inferior al de la arena, este dato no influyó en la decisión de sustituir el Relave por dicho agregado.

El análisis granulométrico del agregado grueso se encuentra dentro de los límites máximos y mínimos permitidos según el Huso Granulométrico 57 establecido en la NTP 400.037 (2002). Esto significa que, el agregado grueso presenta una gradación variada de sus partículas y que, durante la elaboración del concreto, estas tendrán un mejor acomodamiento en la pasta de concreto fresco, que nos permitirá mejorar la resistencia a compresión del concreto y su durabilidad.

En cuanto a los resultados para el Peso Unitario Compactado Seco (PUCS) del agregado grueso, del agregado fino y del relave, se obtuvieron valores de 1740 kg/m³, 1920 kg/m³ y 1390 kg/m³ respectivamente, y para el Peso Unitario Suelto Seco (PUSS) del agregado grueso, del agregado fino y del relave, se obtuvieron valores de 1610 kg/m³, 1730 kg/m³ y 1150 kg/m³.

Estas diferencias notables entre el PUCS y el PUSS se explican debido a la angularidad de las partículas de agregado, es decir, estos agregados tienen una gradación variada.

De acuerdo a los ensayos realizados se obtuvieron también valores de Peso Específico, tanto para el agregado grueso, agregado fino y relave, de 2.8 gr/cm³, 2.6 gr/cm³ y 2.3 gr/cm³ respectivamente, tal como se puede apreciar en las **tablas 4.7, 4.8, y 4.12**. Además, valores de Absorción, igualmente tanto para el agregado grueso, el agregado fino y relave de 1.40%, 1.0% y 0.4% respectivamente, tal como se puede apreciar en las **tablas 4.7, 4.8, y 4.12**.; siendo estos últimos, datos que debemos controlar en el diseño de mezcla.

Finalmente, luego de analizar los resultados expuestos en las **tablas 4.1, 4.2, 4.9, 4.7, 4.8, 4.12**, podemos elaborar concretos que cumplan acertadamente con nuestros diseños de mezcla.

5.1.2. Ensayos al Concreto en Estado Fresco

Se realizó el ensayo para determinar el asentamiento del concreto en estado fresco para cada diseño de mezcla, siguiendo los procedimientos establecidos en la NTP 339.035 (2015).

En la **tabla 4.32.**, se aprecia los valores de asentamiento de (7" - 5") propuesto en el diseño de mezcla, el cual es conforme a los parámetros de diseños establecidos para cada dosificación, de acuerdo al apartado **4.3.2.**

Asimismo, se realizó también en ensayo de peso unitario y contenido de aire, cuyos resultados obtenidos de la evaluación de las propiedades se aprecian en la **tabla 4.33 y 4.34.** En cuanto al peso unitario, el valor del concreto patrón y de los concretos con adición de relave, no muestran variación significativa. Por lo que se deduce, que el relave no altera esta propiedad en el concreto. Del mismo modo, respecto al contenido de aire de la mezcla fresca, podemos notar que tampoco existe variación significativa.

Finalmente, se realizó el ensayo para determinar la temperatura del concreto en estado fresco para cada diseño de mezcla, cuyos resultados se resumen en la **tabla 4.35.**, los cuales varían entre $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$., por lo tanto, al sustituir el agregado fino por relave no altera la temperatura del concreto, lo que implica que en la etapa del vaciado no existirá un mayor calor de hidratación y por lo tanto un cambio en el volumen del concreto que se evidencia con la aparición de grietas y fisuras.

5.1.3. Ensayos de Resistencia a la Compresión

Una vez ensayadas las probetas cilíndricas de diámetro $\varnothing=15$ cm y altura $H=30$ cm, siguiendo el cronograma del ítem **4.4.**, para cada diseño de mezcla, y de acuerdo a los parámetros de la NTP 339.034.

En la **figura 4.4.**, en el Concreto Patrón, se aprecia que los resultados a la edad de 28 días de curado, presenta una resistencia a la compresión promedio de 298 kgf/cm^2 .

En la **figura 4.5.**, el concreto con 5% de relave, el que se sustituye el 5% de arena por relave, se aprecia que los resultados a la edad de 28 días de curado, se obtiene una resistencia a la compresión promedio de 298 kgf/cm^2 .

En la **figura 4.6.**, el concreto con 10% de relave, el que se sustituye el 10% de arena por relave, se aprecia que los resultados a la edad de 28 días de curado, se obtiene una resistencia a la compresión promedio de 328 kgf/cm².

En la **figura 4.7.**, el concreto con 15% de relave, el que se sustituye el 15% de arena por relave, se aprecia que los resultados a la edad de 28 días de curado, se obtiene una resistencia a la compresión promedio de 297 kgf/cm².

Por último, en la **figura 4.8.**, se observa el incremento de los valores de resistencia a compresión a los 28 días de curado, y a medida que se fue sustituyendo el relave por el agregado fino, siendo el 10% el valor ideal para lograr una mayor resistencia a compresión en relación al concreto patrón.

Cabe resaltar, que en los resultados de resistencia a compresión obtenidos del concreto patrón y del concreto con adición del 5%, no existe variación significativa, por lo tanto, se concluye que el relave con la sustitución del 5% al peso del agregado fino, no influye en esta propiedad del concreto.

No obstante, con el porcentaje de sustitución del 15%, la resistencia tiende a disminuir al incrementar más relave minero, debido a que se aumenta considerablemente la cantidad de finos y esto resulta perjudicial para el concreto.

5.1.4. Ensayo de Penetración de Agua Bajo Presión (Permeabilidad)

Se ensayaron las probetas cilíndricas de diámetro $\varnothing=15$ cm y altura $H=15$ cm, siguiendo el cronograma del ítem 4.4., para cada diseño de mezcla, y de acuerdo a los parámetros de la norma UNE-EN 12390-8.

En la **figura 4.9.**, se observa que el concreto patrón tiene una profundidad de penetración de agua promedio de 31 mm, para el concreto con 5% de relave se obtiene una profundidad promedio 19 mm, para el concreto con 10% de relave se obtiene una profundidad promedio de 15 mm y finalmente para el concreto con 15% de relave se obtiene una penetración promedio de 17 mm.

A partir de los resultados obtenidos, se observa que el concreto patrón tiene mayor penetración del agua que los concretos adicionados con relave minero. Se resalta que, en ningún caso el agua ha penetrado las probetas de concreto, estos valores de la profundidad máxima promedio de agua son menores que 30 mm, lo que significa que pueden ser considerados como concretos impermeables según la norma UNE-EN 12390-8.

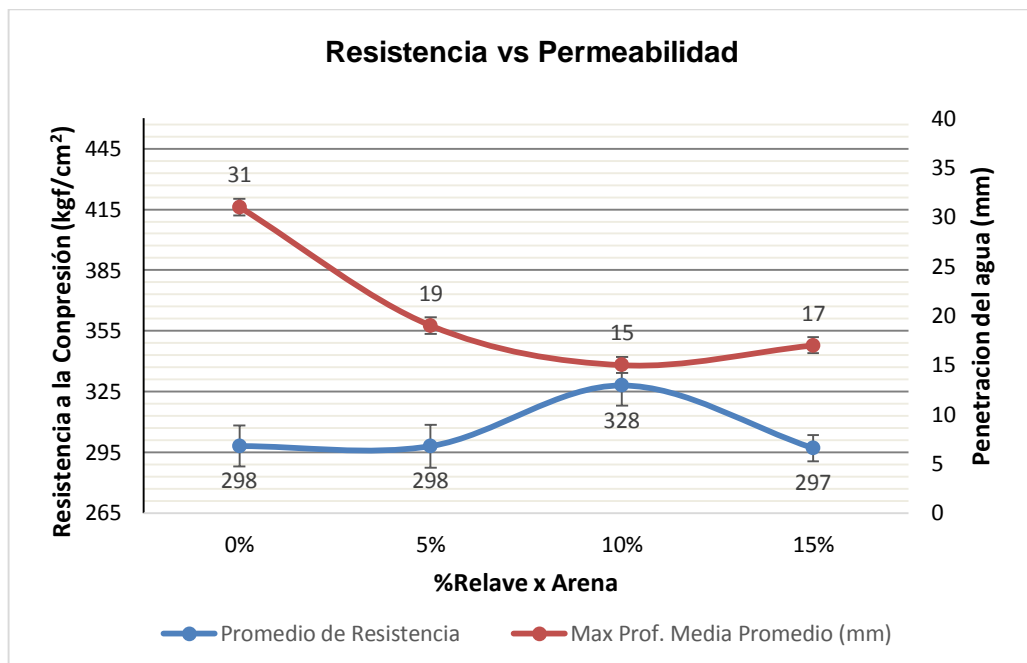
5.1.5. Relación entre Resistencia a la Compresión y Permeabilidad

A continuación, se presentan dos gráficos que relacionan la resistencia y permeabilidad.

Ambas variables estudiadas tienen relación con la durabilidad del concreto, es decir, el concreto debe cumplir los requisitos de alta resistencia y también tiene que durar a la exposición del medio ambiente (en este caso a la exposición del agua, que puede transportar agentes nocivos para el concreto).

A continuación, se presentarán dos gráficos que relacionan la resistencia y permeabilidad.

Figura 4.21. Resistencia a Compresión vs Penetración de agua (Permeabilidad)



Fuente: Los autores (2018).

De acuerdo a la **figura 4.21.**, la sustitución del 10% de agregado fino por relave, mejora la resistencia y reduce la permeabilidad. Desde esta perspectiva el uso de relave minero, muy aparte de ser un residuo, aparece como una buena opción de sustitución en el concreto para disminuir la permeabilidad, este proceso se debe a que al combinarlos con los áridos naturales reduce la cantidad de vacíos al momento de mezclarse con la pasta de cemento, de esta manera se genera una estructura interna en el concreto con menor porosidad, impidiendo así la exudación del agua. Además, como menciona Niño (2010), los concretos con más resistencia, son menos permeables. Por lo tanto, se llega a cumplir la condición de tener menor penetración de agua que lo permitido por la norma UNE-EN 12390-8.

5.1.6. Análisis de Validación de Datos

Para el análisis de Datos, se corrobora la hipótesis planteada mediante una prueba estadística ANOVA que se debe cumplir con los contrastes de Criterio de Normalidad y Criterio de Homocedasticidad, una vez que cumplan esos dos Criterios, evaluamos la prueba de hipótesis, mediante la Prueba post – hoc, dentro de los cuales se encuentra la prueba de Tukey.

En el criterio de Normalidad se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk, usado para muestras menores de 30, que lleva a cabo el programa SPSS. En las **tablas 4.38 y 4.39.**, nos hemos de fijar en la significación estadística de estos contrastes, asumiendo la normalidad de la distribución si en los cuatro grupos el nivel de “p” es no significativo (esto es, $p > 0,05$). Entonces podemos asumir la normalidad de la variable cuantitativa “resistencia a compresión y permeabilidad” en los grupos.

Del mismo modo, en el criterio de Homocedasticidad, se usó la prueba de homogeneidad de varianza, donde el programa hace un contraste y nos aporta una significación estadística, o valor “p” asociado a la hipótesis nula de que “las varianzas son homogéneas para la Variable resistencia a compresión y permeabilidad”. Cuando ese valor “p” es no significativo ($p > 0,05$) podemos confirmar la homogeneidad de varianzas, tal como se puede apreciar en las **tablas 4.40 y 4.41.**, el valor para “p” es de 0.750 y 1.000 con respecto a la resistencia a compresión y permeabilidad, por lo cual aceptamos la hipótesis nula.

Asimismo, evaluamos el ANOVA, el cual nos sirve para comparar varios grupos en una variable cuantitativa. Esta prueba contrasta la hipótesis H_0 (hipótesis nula) de que “No existen diferencias significativas entre los grupos”. Para llevar a cabo el contraste, se recurre al estadístico F de Snedecor, como se muestran en las **tablas 4.42 y 4.43.**, que en nuestro caso para la resistencia a compresión y permeabilidad sale 22.802 y 310.00, teniendo un valor “p” asociado de 0.000 (significativo). Con esto concluiríamos nuestra evaluación, diciendo que “Si existen diferencias significativas entre los grupos”.

Por lo tanto, cumpliendo con los dos criterios de normalidad y homogeneidad de varianzas, procedemos a aplicar la prueba post – hoc, dentro de los cuales se encuentra la prueba estadística de Tukey.

En la **tabla 4.44**, nos muestra el cuadro de comparaciones múltiples vemos que cada grupo de resistencia a compresión de acuerdo con el porcentaje de relave minero se compara con los otros tres porcentajes, obteniéndose en cada contraste la diferencia de medias, el

IC95%, el error estándar y el valor "p" asociado, que en los casos del 10% de relave minero con respecto al patrón, 5% y 15% de relave es significativo. Al encontrar la diferencia de medias significativa, podemos concluir que cuando se aplica a la mezcla de concreto el 10% de relave minero se obtiene una mejor respuesta en la resistencia a compresión.

Asimismo, en la **tabla 4.45**, nos muestra el cuadro de comparaciones múltiples vemos que cada grupo de permeabilidad de acuerdo con el porcentaje de relave minero se compara con los otros tres porcentajes, obteniéndose en cada contraste la diferencia de medias, el IC95%, el error estándar y el valor "p" asociado, que en los casos del patrón, 5%, 10% y 15% de relave minero presentan diferencia de medias significativa. Es por ello que, para comprobar la hipótesis planteada, se procede a comparar las medias de cada grupo analizado, tal como se observa en la **tabla 4.47**, podemos concluir que cuando se aplica a la mezcla de concreto el 10% de relave minero se obtiene una mejora respuesta en la permeabilidad.

5.2. Análisis Comparativo de Costos Unitarios

Para el análisis de costos unitarios de la partida correspondiente, son necesarias las cantidades de los materiales que intervienen, en los cuales se muestra al detalle el precio unitario del concreto patrón elaborado con cemento tipo MS vaciado con mezcladora.

En los anexos (**45 y 46**), presentamos el precio unitario para 1 m² de concreto convencional con impermeabilizante en veredas y un concreto incorporado con 10% de relave minero. El flete de relave minero es de S/ 10 por m³.

Asimismo, para que un concreto convencional intente igualar la durabilidad del concreto adicionado con relave, implicaría realizarle un trabajo adicional con impermeabilizante en la mezcla.

El análisis de costos unitarios se resume en lo siguiente:

- Concreto en veredas $F'c=175 \text{ kgf/cm}^2$ (con impermeabilizante) = S/ 56.27
- Concreto en veredas $F'c=175 \text{ kgf/cm}^2$ (con 10% de R.M.) = S/ 54.58

Como se puede apreciar, el precio del concreto convencional (con impermeabilizante) excede en S/ 1.70 al precio del concreto con relave minero.

En líneas generales referente a la situación planteada, la construcción de vereda con impermeabilizante por metro cuadrado (m²), costará 3.10% más en lugar de construir un metro cuadrado de vereda con concreto adicionada con relave.

CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones generales obtenidas luego de la experimentación:

- La influencia de la sustitución del 10% del agregado fino por relave minero generó un incremento de 10.00% en la resistencia a la compresión y disminuye en 52% la permeabilidad con respecto a un concreto patrón. Esto se debe a que al combinarlos con los áridos naturales reduce la cantidad de vacíos al momento de mezclarse con la pasta de cemento, de esta manera se genera una estructura interna en el concreto con menor porosidad, impidiendo así la exudación del agua.
- La resistencia a compresión promedio varía a medida que se incrementa la cantidad de relave minero en la mezcla de concreto, logrando una disminución máxima en la sustitución del 15% de agregado fino por relave minero de 1% con respecto al concreto patrón; y a medida que incrementa la cantidad de relave minero en la mezcla, la permeabilidad disminuye hasta en un 52% con la sustitución del 10% de agregado fino por relave minero. Sin embargo, para ambos ensayos al sustituir el 10% de agregado fino por relave minero, cambia el comportamiento de los ensayos, es decir la resistencia a compresión disminuye y la permeabilidad aumenta sin superar al patrón.
- A partir de los ensayos realizados al concreto (según las normativas correspondientes), se concluye que los agregados utilizados para la investigación cumplen los requisitos para utilizarse en la fabricación de concretos de bajo tránsito.
- De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA), expresado en el ítem 5.1.7, la sustitución del 10% de agregado fino por relave en un concreto de bajo tránsito, elaborado con cemento tipo MS, resultó ser el porcentaje adecuado para incrementar las propiedades de la resistencia a compresión y disminuir la permeabilidad, cumpliendo las prestaciones de servicio en un concreto de bajo tránsito.
- El uso del relave en el concreto, también resulta beneficioso en el aspecto económico, debido a que es menos costoso elaborar un concreto con adición de relave minero, a comparación de un concreto convencional con impermeabilizante, siendo la diferencia de 3.10% por metro cuadrado de veredas.

RECOMENDACIONES

En el capítulo anterior, se concluye que es factible sustituir la arena por relave minero. Sin embargo, esto puede ser optimizado, recomendando como futuras líneas de investigación lo siguiente:

- Variar los porcentajes de sustitución de relave y proponer una nueva variable como es el tipo de cemento, a modo de establecer una relación directa entre dichas variables, junto con la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto.
- Evaluar otros parámetros de durabilidad de los concretos con relave, y saber su comportamiento frente a los ensayos como los ciclos de hielo y deshielo, ciclos de mojado y secado (desgaste superficial) e influencia del ambiente de exposición.
- Analizar el comportamiento a flexión del concreto con relave para buscar nuevas aplicaciones en obras hidráulicas y de pavimentación (rígida).
- En la elaboración de mezclas de concreto con relave, experimentar usando un aditivo plastificante para poder disminuir la relación a/c usada. Observar su comportamiento en el ensayo de penetración de agua para evaluar su permeabilidad.
- Se recomienda seguir trabajando con estos tipos de concreto, debido a que se muestra que los relaves mineros pueden ser usados de manera segura sin que afecten negativamente las principales propiedades de los concretos convencionales y así poder contribuir al cuidado del medio ambiente.

REFERENCIAS

- Abanto, F. (2009). Tecnología del concreto. Lima, San Marcos.
- Acosta, L. (2014). Análisis Comparativo de la resistencia a la compresión de bloques huecos de concreto con la adición de fibra de polipropileno. Caracas, Venezuela.
- Ampuero, J., Castañeda, S., & Lezama, J. (2015). "Propuesta de aplicación del método de relleno con mortero de relave para mejorar la confiabilidad del sostenimiento". Lima, Perú.
- Anicama, G. (2010). Estudio experimental del empleo de materiales de desecho de procesos mineros en aplicación prácticas con productos cementicios. Lima; Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Avalo Castillo, J. (2014). Las normas técnicas de cemento y concreto en el Perú. Asociación de productos de cemento.
- Barros, V., y Ramirez, H. (202). Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa, con agregado de la cantera de pifo. Quito, Perú.
- Bermudez, D. (2007). Diseño de concreto de alta resistencia a partir de una puzolana natural. Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería Civil.
- Bustamente, I. (2017). Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú.
- Cabrejos, J. (2011). Estudio de pre factibilidad para la recuperación de agua a partir de relaves de gran minería de cobre mediante la tecnología de relaves pesados. Lima, Perú.
- Calderon, V., y Umiña, Y. (2015). Evaluación de concretos geopoliméricos mediante activación alcalina de residuos mineros (relave) y zeolita natural. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Perú.
- Carrasco, F. (2012). Tecnología del Hormigón - Ingeniería Civil.
- Contreras, K. y Villalobos, S. (2017). Análisis de la resistencia a la compresión y permeabilidad en el concreto adicionando dosificaciones de cenizas volantes de carbón en la mezcla (Tesis de titulación). Universidad Privada del Norte. Trujillo. Perú.
- Conrado, M., y Rojas, J. (2012). Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencia a la compresión de 21 y 28 MPa con agregados de la cantera Guayllabamba, Ecuador.
- Corro, H., y Ramos, A. (2015). Correlación entre el índice de madurez de una mezcla de concreto y su resistencia a la compresión.
- Curo, E., y Rashuamán, P. (2015). Diseño de mezcla de concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ adicionando relave minero de la relavera n° 09 Achilla Ccochaccasa, para tránsito ligero (método ACI), en el distrito de urca y provincia de angaraes - Huancavelica, Perú.

- Fernández, M. (2011) Instrucción de recepción de cementos y a la instrucción de hormigón estructural EHE. (9na ed.). Universidad Politécnica de Madrid.
- Hermida, G. (2013). Concreto de baja Permeabilidad, algo más que disminuir A/C. SIKA <http://revistapyc.com/Articulos/Grupo56/ART-56-A.pdf>.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2008). Norma Técnica Peruana 339.046. HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto). Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2011). Norma Técnica Peruana 400.017. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. (3.a ed.). Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2013). Norma Técnica Peruana 339.184. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2013). Norma Técnica Peruana 339.185. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2013). Norma Técnica Peruana 400.012. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2013). Norma Técnica Peruana 400.021. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2013). Norma Técnica Peruana 400.022. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2015). Norma Técnica Peruana 339.035. CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland. (4.a ed.). Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2015). Norma Técnica Peruana 339.034. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. (4.a ed.). Lima, Perú.
- Laínez, P., y Martínez, M. (2012). Influencia del uso de microsilíce en las propiedades en estado fresco y endurecido en concreto de alta resistencia. Universidad de El Salvador facultad de ingeniería.
- Laura, S. (2006). Diseño de mezcla de concreto. Puno, Perú.

- Lira, A., y Osses, R. (2013). Factibilidad del reemplazo del agregado fino por arena de relave en el hormigón. Revista Científico Tecnológica Departamento Ingeniería de Obras Civiles.
- Llique. (2014). Comparación de la resistencia a compresión de concreto común y otros concreto usando relaves mineros en proporciones del 25 % y 50% de la dosificación del agregado fino.
- McCormarc, J., y Brown, R. (2011). Diseño de concreto reforzado (8a ed.).
- Millones, A. (2008). Concreto de alta densidad con super plastificante.
- Niño, J. (2010). Tecnología del Concreto – Tomo 1 (3ra ed.). Asociación Colombiana de Productores de Concreto – ASOCRETO. Bogotá. Colombia.
- Norma ASTM C150. (2005). Cementos Portland NTP 334.090.
- Norma UNE-EN 12390-8 (2011). Profundidad de penetración de agua bajo presión.
- Palli, R. (2016). Dimensionamiento y optimización de un sedimentador convencional de relaves de cobre en una planta de procesamiento de 850 TMD³. Arequipa, Perú.
- Pérez, D. (2009). Estudio experimental de concretos permeables con agregados andesíticos.
- Quinteros, L., y Herrera, J. (2011). Relación entre la resistencia a la compresión y la porosidad del concreto evaluada a partir de parámetros ultrasónicos. Bogotá, Colombia: Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales, Universidad Industrial de Santander (UIS).
- Ramírez, S., Neville y Aitcin. (2008). Propiedades mecánicas y microestructura de concreto contenido mucílago de nopal como aditivo natural. Oaxaca, México.
- Ramos, C., y Torres, J. (2014). Estudio del relave minero de la mina acchilla del distrito de ccochaccasa como estabuzante para carreteras de tercer orden a nivel de base.
- Rivva Lopez, E. (1992). Diseño de Mezcla - Tecnología del Concreto.
- Rojas. (2012). Comparación de la resistencia a compresión de concreto común y otros concreto usando relaves mineros en proporciones del 25 % y 50% de la dosificación del agregado fino.
- Romero, A., y Flores, S. (2010). Reuso de relaves mineros como insumo para la elaboración de agregados de construcción para fabricar ladrillos y baldosas. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial.
- Sánchez, D. (2001). Tecnología del concreto y mortero. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Sánchez, F., y Tapia, R. (2015). Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3,7,14,28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días. trujillo.

- Sanjuán, M. y Castro, P. (2001). Acción de los agentes químicos y físicos sobre el concreto. IMCYC.
- Serrano, M., y Pérez, D. (2010). Concreto preparado con residuos industriales: resultado de alianza empresa universidad. colombia: revista educación en ingeniería.
- Simba Cumbajín, E. (2007). La impermeabilización en construcciones nuevas y existentes. Quito, Perú.
- Tancredi, S. (2015). Resistencia a la compresión del concreto.
- Tengan Shimabukuro, C. (2011). Análisis comparativo de aditivos acelerantes de fragua libres de alcalis para concreto proyectado o shotcrete.
- Velez, L. (2010). Permeabilidad y Porosidad en Concreto. Rev. Tecno Lógicas No. 25, ISSN 0123-7799.

ANEXOS

ANEXO N°1. Certificado de ensayos en laboratorio



 UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE

CERTIFICADO
DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

La que suscribe, Claudia Yomira Llacza Cruzado, hace constar por medio de la presente que los Sres. Rodríguez Salirrosas Jhosver Breidy y Ulloa Sánchez Frank, identificados con D.N.I N° 71753966 y N°48262692 respectivamente, han realizado ensayos de granulometría, absorción, humedad, peso unitario suelto y compactado, peso específico en las instalaciones del laboratorio de Estructuras y Concreto de esta universidad, requeridos para la tesis ***"INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE BAJO TRÁNSITO, TRUJILLO - 2018."***; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 16 de octubre del 2018




Claudia Y. Llacza Cruzado
Asistente de Laboratorio

Mz. G Lt. 24 Urb. Dean Saavedra, El Cortijo, San Isidro - Trujillo - La Libertad
T. +51 (44) 606222
www.upn.edu.pe

Fuente: Laboratorio de Concreto – Universidad Privada del Norte (2018)

ANEXO N°2. Certificado de Conformidad del Laboratorio de Materiales Qce

 QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
Mz. G Lt. 16 Dpto. 208 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. América Sur N° 4138 Urb. San Andrés - Trujillo
(044) 705879 / 951441959

Carta N° 044-2018-QCE-TRJ
Fecha de emisión: 03/08/2018

Sr.:

Ing. Alberto Vásquez Díaz
Universidad Privada del Norte
Trujillo

Asunto : Elaboración de mezclas de prueba de concreto y ensayos.
Referencia : Proyecto de tesis.

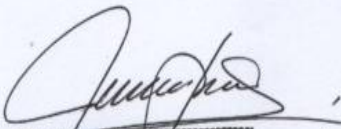
De nuestra mayor consideración;

Es grato dirigirme a usted para saludarle muy cordialmente, y seguidamente hacer de su conocimiento que los señores Frank Ulloa Sánchez, identificado con DNI N° 48262692 y Jhosver Breidy Rodríguez Salirrosas, identificado con DNI N° 71753966, egresados de la carrera profesional de Ingeniería Civil de su distinguida representada, han realizado mezclas de prueba de concreto y sus respectivos ensayos en estado fresco, en nuestras instalaciones, bajo la supervisión y apoyo de nuestro personal técnico, entre los días 02/05/2018 y 28/07/2018.

Es pertinente indicar además que los resultados de dichos ensayos han sido directamente registrados y administrados por los mencionados estudiantes.

Sin otro particular me suscribo de usted,

Atentamente,


Alfonso Vega Farfan
GERENTE GENERAL
QUALITY CONTROL EXPRESS SAC

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N°3. Certificado de Aseguramiento de la Estabilidad de la Relavera Alpamarca

CARGO

ASUNTO : Presenta **CERTIFICADO** de Aseguramiento de la Estabilidad Física, Química e Hidrológica de la Presa de Relaves ALPAMARCA.

A LA GERENCIA DE FISCALIZACIÓN MINERA DEL OSINERGMIN

CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A., con RUC 20136150473, inscrito en la Ficha 40372 del Libro de Sociedades Contractuales del Registro Público de Minería, debidamente representado por su Apoderado Dr. Ernesto Bendezú Flores, identificado con D.N.I. No. 07944455, facultado según poder que corre en el As. 50 de la citada ficha y registro, señalando domicilio legal a estos efectos en Calle Crane No. 102, Urb. Jacarandá II, San Borja - Lima 41; con el debido respeto nos presentamos y decimos:

Dando cumplimiento al Artículo 5 del D.S. N° 055-2010-EM, recurrimos a vuestro Despacho con la finalidad de presentar el **CERTIFICADO de ASEGURAMIENTO de la ESTABILIDAD FISICA, QUIMICA e HIDROLÓGICA** de la Presa de Relaves de Flotación ALPAMARCA, el mismo que ha sido emitido por la empresa SRK CONSULTING, producto de la evaluación realizada en nuestra unidad de producción ubicada en la provincia de Pataz, departamento de La Libertad.

En ese sentido, adjuntamos al presente el Certificado suscrito por el Ing°. Aquiles Martin Villanueva Jimenez de SRK CONSULTING.

POR TANTO:

A usted Señor Gerente, solicitamos se sirva tener por cumplida esta obligación.

Lima, 17 de abril de 2016

~~CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.~~

~~ERNESTO BENDEZU FLORES~~
~~APODERADO~~

PRES	OSINERGMIN	GSM
GG	REGIONAL LIMA	GRT
DSGN	RECIBIDO	JARU
DSHL	19 ABR. 2017	DSR
DSE		OTROS
REGISTRO HORA		
EMISIÓN DEL DOCUMENTO NO INDICA CONFORMIDAD		



**CERTIFICADO DE ASEGURAMIENTO DE LA ESTABILIDAD FISICA
QUIMICA E HIDROLOGICA DE LA RELAVERA ALPAMARCA**

INTRODUCCION

SRK Consulting (Perú) S.A., empresa autorizada por el MEM en el sector de minería y electricidad, fue contratada por el Consorcio Minero Horizonte S.A. (CMHSA) para ejecutar el Estudio de Estabilidad Física, Química e Hidrológica de la Relavera Alpamarca.

Consorcio Minero Horizonte S.A. es una empresa peruana que tiene sus operaciones en el Departamento de la Libertad, provincia de Pataz, distrito de Parcoy. La unidad minera Parcoy cuenta con una producción 2000 TMS/día tratados en su Planta Beneficio.

DECLARACIÓN DE CERTIFICACIÓN

SRK Consulting Perú S.A., declara que:

Después de haber revisado e interpretado la información histórica, existente y efectuado los ensayos de laboratorio complementarios del estado actual del componente: "Relavera Alpamarca", así como los análisis correspondientes.

El componente evaluado presenta condiciones favorables de estabilidad física, química e hidrológica

Se expide el presente Certificado para los fines que el interesado considere conveniente.

Lima, abril de 2017



ACUALES MARTIN
VILLALOBOS JIMENEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 62193

 Oficinas del Grupo: África, Asia, Australia, Europa, Norteamérica y Sudamérica


Fuente: Consorcio Minero Horizonte.

ANEXO N°4. Certificado de Conformidad del laboratorio de Sika



Fuente: SIKA S.A.C

ANEXO N°5. Certificado de Conformidad de Resultados de Sika



BUILDING TRUST


ENSAYO DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN
NORMA UNE-EN 12390-8

1. INFORMACIÓN GENERAL

- **SOLICITANTES** : Jhosver Rodríguez Salirrosas
Frank Ulloa Sánchez
- **PROYECTO** : Tesis de Investigación Concreto con Relave Minero
- **UBICACIÓN** : Trujillo - Trujillo - La Libertad
- **MUESTRAS** : Probetas C/Cemento tipo MS (Patrón y con Relave Minero)



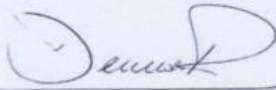
2. RESULTADOS DEL ENSAYO

% Relave Minero X Arena	Muestra	Max. Profundidad Media (mm)	Max. Profundidad Media Promedio (mm)
0%	M-1	31.5	31
	M-2	30.5	
5%	M-3	19.5	19
	M-4	18.5	
10%	M-5	15.5	15
	M-6	14.5	
15%	M-7	16.5	17
	M-8	17.5	


 Alberto Rodríguez Díaz
 R.C.I.P. N° 166228

Fuente: SIKA S.A.C.


ANEXO N°6. Certificado de Calidad del Cemento Portland Tipo MS

 <p>Pacasmayo</p>	<p>CEMENTOS PACASMAYO S.A.A. <small>Calle La colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Montecristo Santiago de Chuco - Lima Carretera Panamericana Norte Km. 606 Pacasmayo - La Libertad Teléfono 317 - 6000</small></p>	 <p><small>ISO 9001</small> G-CC-F-04 Versión 04</p>																																																				
Planta: Pacasmayo	CEMENTO FORTIMAX ANTISALITRE		26 de junio de 2018																																																			
	Cemento Pórtland Tipo MS(MH)																																																					
	Periodo de despacho 01 de Mayo de 2018 - 31 de Mayo de 2018																																																					
	REQUISITOS NORMALIZADOS																																																					
	NTP 334.082 Tabla I																																																					
	FÍSICOS																																																					
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Requisitos</th> <th style="width: 30%;">Especificación</th> <th style="width: 30%;">Resultado de ensayos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Contenido de aire del mortero (volumen %)</td> <td style="text-align: center;">12 máx.</td> <td style="text-align: center;">6</td> </tr> <tr> <td>Superficie específica (cm²/g)</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">4370</td> </tr> <tr> <td>Retenido M325 (%)</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">1.9</td> </tr> <tr> <td>Expansión en autoclave (%)</td> <td style="text-align: center;">0.80 máx.</td> <td style="text-align: center;">0.05</td> </tr> <tr> <td>Densidad (g/mL)</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión mín. (MPa)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 día</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">11.7</td> </tr> <tr> <td>3 días</td> <td style="text-align: center;">11</td> <td style="text-align: center;">24.3</td> </tr> <tr> <td>7 días</td> <td style="text-align: center;">18</td> <td style="text-align: center;">34.1</td> </tr> <tr> <td>28 días ⁽¹⁾</td> <td style="text-align: center;">28</td> <td style="text-align: center;">41.2</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de fraguado, minutos, Vicat</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inicial, no menor que:</td> <td style="text-align: center;">45</td> <td style="text-align: center;">131</td> </tr> <tr> <td>Final, no mayor que:</td> <td style="text-align: center;">420</td> <td style="text-align: center;">255</td> </tr> <tr> <td>Expansión de la barra de mortero (%) ⁽²⁾</td> <td style="text-align: center;">0.020 máx.</td> <td style="text-align: center;">0.008</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la expansión por sulfatos (%) a 6 meses ⁽³⁾</td> <td style="text-align: center;">0.10 máx.</td> <td style="text-align: center;">0.04</td> </tr> <tr> <td>Calor de hidratación a 7 días (kcal/kg) ⁽⁴⁾</td> <td style="text-align: center;">70 máx.</td> <td style="text-align: center;">70</td> </tr> </tbody> </table>	Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos	Contenido de aire del mortero (volumen %)	12 máx.	6	Superficie específica (cm ² /g)	A	4370	Retenido M325 (%)	A	1.9	Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.05	Densidad (g/mL)	A	3.00	Resistencia a la compresión mín. (MPa)			1 día	A	11.7	3 días	11	24.3	7 días	18	34.1	28 días ⁽¹⁾	28	41.2	Tiempo de fraguado, minutos, Vicat			Inicial, no menor que:	45	131	Final, no mayor que:	420	255	Expansión de la barra de mortero (%) ⁽²⁾	0.020 máx.	0.008	Resistencia a la expansión por sulfatos (%) a 6 meses ⁽³⁾	0.10 máx.	0.04	Calor de hidratación a 7 días (kcal/kg) ⁽⁴⁾	70 máx.	70		
Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos																																																				
Contenido de aire del mortero (volumen %)	12 máx.	6																																																				
Superficie específica (cm ² /g)	A	4370																																																				
Retenido M325 (%)	A	1.9																																																				
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.05																																																				
Densidad (g/mL)	A	3.00																																																				
Resistencia a la compresión mín. (MPa)																																																						
1 día	A	11.7																																																				
3 días	11	24.3																																																				
7 días	18	34.1																																																				
28 días ⁽¹⁾	28	41.2																																																				
Tiempo de fraguado, minutos, Vicat																																																						
Inicial, no menor que:	45	131																																																				
Final, no mayor que:	420	255																																																				
Expansión de la barra de mortero (%) ⁽²⁾	0.020 máx.	0.008																																																				
Resistencia a la expansión por sulfatos (%) a 6 meses ⁽³⁾	0.10 máx.	0.04																																																				
Calor de hidratación a 7 días (kcal/kg) ⁽⁴⁾	70 máx.	70																																																				
	<p>A. No especifica. ⁽¹⁾ Requisito opcional. ⁽²⁾ Método de ensayo NTP 334.093 ⁽³⁾ Método de ensayo NTP 334.094 ⁽⁴⁾ Método de ensayo NTP 334.064 La resistencia a 28 días corresponde al mes de Abril del 2018. La expansión de la barra de mortero corresponde al mes de Abril del 2018. La expansión por sulfatos a 6 meses corresponde al mes de Noviembre del 2017. El calor de hidratación corresponde al mes de Abril del 2018.</p>																																																					
	<p>Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos físicos de la NTP 334.082.2016.</p>																																																					
	 <hr style="width: 50%; margin: auto;"/> <p>Ing. Dennis R. Rodas Lavado Superintendente de Control de Calidad</p>																																																					
	<p>Solicitado por: Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.</p>																																																					
	<p>Esta totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.</p>																																																					


Fuente: Cemento Pacasmayo S.A.A.

ANEXO N°7. Guía de Observación para el ensayo de Resistencia a la compresión a los 7 días de Curado

GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01..					
AUTORES:	Shosuer Rodríguez Salirrosas FRANK Ulloa Sánchez				
LUGAR:	Laboratorio ACE SAC				
ENSAYO:	Resistencia a la Compresión				
DÍAS DE CURADO	7 Días				
% De Relave	Código de Probetas	Fecha de Elaboración de Probetas	Fecha de Ensayo	Esfuerzo (Kg/cm2)	Tipo de Falla
Patrón	CP-01	02/05/2018	09/05/2018	190	2
	CP-02	02/05/2018	09/05/2018	182	2
	CP-03	08/05/2018	15/05/2018	186	2
	CP-04	08/05/2018	15/05/2018	177	2
	CP-05	27/06/2018	04/07/2018	235	1
	CP-06	27/06/2018	04/07/2018	220	1
			Promedio:	198.83	
5%	CR5-01	03/05/2018	10/05/2018	180	2
	CR5-02	03/05/2018	10/05/2018	166	2
	CR5-03	09/05/2018	16/05/2018	208	2
	CR5-04	09/05/2018	16/05/2018	217	1
	CR5-05	28/06/2018	05/07/2018	208	2
	CR5-06	28/06/2018	05/07/2018	207	1
			Promedio:	198	
10%	CR10-01	04/05/2018	11/05/2018	250	2
	CR10-02	04/05/2018	11/05/2018	265	1
	CR10-03	10/05/2018	17/05/2018	227	2
	CR10-04	10/05/2018	17/05/2018	255	1
	CR10-05	29/06/2018	06/07/2018	200	1
	CR10-06	29/06/2018	06/07/2018	260	2
			Promedio:	243	
15%	CR15-01	05/05/2018	12/05/2018	150	2
	CR15-02	05/05/2018	12/05/2018	159	1
	CR15-03	11/05/2018	18/05/2018	224	1
	CR15-04	11/05/2018	18/05/2018	225	1
	CR15-05	30/06/2018	07/07/2018	188	2
	CR15-06	30/06/2018	07/07/2018	201	2
			Promedio:	191	



Alberto Rubén Vázquez Díaz
ING. CIVIL
R. CIP. N° 166228



Alfonso Vega Farjan
GERENTE GENERAL
QUALITY CONTROL EXPRESS SAC

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N°8. Guía de Observación para el ensayo de Resistencia a la compresión a los 14 días de Curado

GUÍA DE OBSERVACIÓN N° ...02					
AUTORES:	Jhasver Rodríguez Salirrosas FRANK Ulloa Sánchez				
LUGAR:	Laboratorio BCC SAC				
ENSAYO:	Resistencia a la Compresión				
DÍAS DE CURADO	14 días				
% De Relave	Código de Probetas	Fecha de Elaboración de Probetas	Fecha de Ensayo	Esfuerzo (Kg/cm2)	Tipo de Falla
Patrón	CP-01	02/05/2018	16/05/2018	250	1
	CP-02	02/05/2018	16/05/2018	258	2
	CP-03	08/05/2018	22/05/2018	242	2
	CP-04	08/05/2018	22/05/2018	247	1
	CP-05	27/06/2018	11/07/2018	255	2
	CP-06	27/06/2018	11/07/2018	240	1
	Promedio:			248.67	
5%	CPS-01	03/05/2018	17/05/2018	230	1
	CPS-02	03/05/2018	17/05/2018	223	2
	CPS-03	09/05/2018	23/05/2018	258	1
	CPS-04	09/05/2018	23/05/2018	257	1
	CPS-05	28/06/2018	12/07/2018	261	2
	CPS-06	28/06/2018	12/07/2018	265	2
	Promedio:			249	
10%	CR10-01	04/05/2018	18/05/2018	285	1
	CR10-02	04/05/2018	18/05/2018	290	2
	CR10-03	10/05/2018	24/05/2018	299	1
	CR10-04	10/05/2018	24/05/2018	293	2
	CR10-05	29/06/2018	13/07/2018	295	1
	CR10-06	29/06/2018	13/07/2018	280	2
	Promedio:			290	
15%	CR15-01	05/05/2018	19/05/2018	245	2
	CR15-02	05/05/2018	19/05/2018	240	2
	CR15-03	11/05/2018	25/05/2018	242	2
	CR15-04	11/05/2018	25/05/2018	250	2
	CR15-05	30/06/2018	14/07/2018	257	2
	CR15-06	30/06/2018	14/07/2018	247	2
	Promedio:			246.8	


[Signature]
Alberto Rubén Vaquer Díaz
ING. CIVIL
R.C.I.P. N° 186228

[Signature]
Alfonso Vega Farfan
GERENTE GENERAL
QUALITY CONTROL EXPRESS SAC


Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N°9. Guía de Observación para el ensayo de Resistencia a la compresión a los 28 días de Curado

GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 23.					
AUTORES:	Shasner Rodriguez Salirrosas FRANK Ulloa Sánchez				
LUGAR:	Laboratorio Qce SAC				
ENSAYO:	Resistencia a la Compresión				
DÍAS DE CURADO	28 Días				
% De Relave	Código de Probetas	Fecha de Elaboración de Probetas	Fecha de Ensayo	Esfuerzo (Kg/cm2)	Tipo de Falla
Patrón	CP-01	02/05/2018	30/05/2018	295	2
	CP-02	02/05/2018	30/05/2018	298	2
	CP-03	02/05/2018	30/05/2018	290	1
	CP-04	05/05/2018	05/06/2018	298	1
	CP-05	05/05/2018	05/06/2018	294	2
	CP-06	08/05/2018	05/06/2018	280	1
	CP-07	27/06/2018	25/07/2018	312	1
	CP-08	27/06/2018	25/07/2018	306	2
	CP-09	27/06/2018	25/07/2018	310	2
		Promedio:		298.11	
5%	CR5-1	03/05/2018	31/05/2018	290	2
	CR5-2	03/05/2018	31/05/2018	275	1
	CR5-3	03/05/2018	31/05/2018	296	1
	CR5-4	09/05/2018	06/06/2018	306	2
	CR5-5	09/05/2018	06/06/2018	310	2
	CR5-6	09/05/2018	06/06/2018	298	1
	CR5-7	28/06/2018	26/07/2018	307	2
	CR5-8	28/06/2018	26/07/2018	295	1
	CR5-9	28/06/2018	26/07/2018	300	1
		Promedio:		298	
10%	CR10-1	04/05/2018	01/06/2018	317	2
	CR10-2	04/05/2018	01/06/2018	310	2
	CR10-3	04/05/2018	01/06/2018	326	1
	CR10-4	10/05/2018	07/06/2018	333	2
	CR10-5	10/05/2018	07/06/2018	324	1
	CR10-6	10/05/2018	07/06/2018	331	1
	CR10-7	29/06/2018	27/07/2018	329	1
	CR10-8	29/06/2018	27/07/2018	335	2
	CR10-9	29/06/2018	27/07/2018	343	1
		Promedio:		328	
15%	CR15-1	05/05/2018	02/06/2018	285	1
	CR15-2	05/05/2018	02/06/2018	290	1
	CR15-3	05/05/2018	02/06/2018	295	1
	CR15-4	11/05/2018	08/06/2018	297	2
	CR15-5	11/05/2018	08/06/2018	304	2
	CR15-6	11/05/2018	08/06/2018	298	1
	CR15-7	30/06/2018	28/07/2018	302	2
	CR15-8	30/06/2018	28/07/2018	300	1
	CR15-9	30/06/2018	28/07/2018	305	1
		Promedio:		297.3	



Alberto Rubén Vázquez Díaz
ING. CIVIL
R. CIP. N° 166228



Alfonso Vega Parjan
GERENTE GENERAL
QUALITY CONTROL EXPRESS SAC

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N°10. Guía de Observación para el ensayo de Permeabilidad

GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04				
AUTORES:	Jhosver Rodríguez Salirrosas Frank Ulloa Sánchez			
LUGAR:	Laboratorio Sika			
ENSAYO:	Penetración de Agua			
DÍAS DE CURADO	28 días			
% De Relave	Código de Probetas	Fecha de Elaboración de Probetas	Fecha de Ensayo	Penetración de agua (mm)
Patrón	CR-01	27/06/2018	21/09/2018	31.5
	CR-02	27/06/2018	21/09/2018	30.5
			Promedio:	31
5%	CR-03	28/06/2018	20/08/2018	19.5
	CR-04	28/06/2018	20/08/2018	18.5
			Promedio:	19
10%	CR-05	29/06/2018	20/08/2018	15.5
	CR-06	29/06/2018	20/08/2018	14.5
			Promedio:	15
15%	CR-07	30/06/2018	20/08/2018	16.5
	CR-08	30/06/2018	20/08/2018	17.5
			Promedio:	17


Alberto Rubén Vásquez Díaz
ING. CIVIL
R. C. I. P. N° 166228

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N°11. Norma Técnica Peruana para el Contenido de Humedad

NORMA TÉCNICA NTP 339.185
PERUANA 2013

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para
contenido de humedad total evaporable de agregados por
secado**

CONCRETE. Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la norma ASTM C 566-13 Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2013-08-07
2ª Edición

R.0054-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2013-08-24

Precio basado en 08 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Agregados, secado, contenido de humedad

© ASTM 2013 - © INDECOPI 2013

Fuente: INACAL

ANEXO N°12. Norma Técnica Peruana para Análisis Granulométrico

NORMA TÉCNICA NTP 400.012
PERUANA 2013

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado
fino, grueso y global**

AGGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates

2013-01-16
3ª Edición

R.0006-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2013-02-01 Precio basado en 15 páginas
I.C.S.: 91.100.30 ESTA NORMA ES RECOMENDABLE
Descriptor: agregado, agregado grueso, agregado fino, serie, gradación, análisis por tamizado, análisis
granulométrico

© INDECOPI 2013

Fuente: INACAL

ANEXO N°13. Norma Técnica Peruana para el Peso Unitario

NORMA TÉCNICA **NTP 400.017**
PERUANA **2011**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI
Calle De la Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados

AGGREGATE. Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 29/C29M-2009 Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2011-02-02
3^a Edición

R.0002-2011/ CNB- INDECOPI. Publicada el 2011-03-12 Precio basado en 14 páginas

I.C.S.: 91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptoros: Agregados, densidad de masa, agregado grueso, densidad, agregado fino, peso unitario, vacíos en agregados

Fuente: INACAL

ANEXO N°14. Norma Técnica Peruana para el Peso Específico y absorción del agregado grueso

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 400.021
2013**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso

AGGREGATES. Standard test method Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of coarse Aggregate

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 127-2012 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

**2013-12-26
3ª Edición**

R.0113-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2014-01-16
I.C.S.: 91.100.30

Precio basado en 17 páginas

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: absorción, agregado, densidad aparente, densidad relativa aparente, densidad, agregado fino; densidad relativa, gravedad específica

© ASTM 2012 - © INDECOPI 2013

Fuente: INACAL

ANEXO N°15. Norma Técnica Peruana para el Peso Específico y absorción del agregado fino

NORMA TÉCNICA NTP 400.022
PERUANA 2013

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino

AGGREGATES. Standard test method Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 128-2012 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2013-12-26
3ª Edición

R.0113-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2014-01-16 Precio basado en 20 páginas
I.C.S.: 91.100.30 ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: absorción, agregado, densidad aparente, densidad relativa aparente, densidad, agregado fino; densidad relativa, gravedad específica

© ASTM 2012 - © INDECOPI 2013

Fuente: INACAL

ANEXO N°16. Norma Técnica Peruana para el Asentamiento del Concreto

NORMA TÉCNICA NTP 339.035
PERUANA 2009

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la
medición del asentamiento del concreto de cemento
Portland**

CONCRETE. Standard test method for measure slump of Portland cement concrete

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 143/C143-2008 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2009-12-23
3ª Edición

R.034-2009/INDECOPI-CNB. Publicada el 2010-02-20 Precio basado en 09 páginas
I.C.S.: 91.100.10 ESTA NORMA ES RECOMENDABLE
Descriptoros: Concreto, cono, consistencia, plasticidad, asentamiento, trabajabilidad

Fuente: INACAL

ANEXO N°17. Norma Técnica Peruana para determinar el peso unitario y contenido de aire

NORMA TÉCNICA NTP 339.046
PERUANA 2008

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)

CONCRETE. Standard test method for density (unit weight), yield, and air content (gravimetric) of concrete

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C138 / C138M - 08 Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2008-09-03
2ª Edición

R.005-2008/INDECOPI-CNB. Publicada el 2008-09-26 Precio basado en 10 páginas
I.C.S.: 91.100.30 ESTA NORMA ES RECOMENDABLE
Descriptores: Contenido de aire, contenido de cemento, concreto, rendimiento relativo, peso unitario, rendimiento, hormigón, método de ensayo, densidad, método gravimétrico

Fuente: INACAL

ANEXO N°18. Norma Técnica Peruana para determinar la Resistencia a la Compresión

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.034
2008

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo
normalizado para la determinación de la resistencia a la
compresión del concreto, en muestras cilíndricas**

CONCRETE . Standard Test method for Compressive Strength of cylindrical concrete specimens

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C39/C39M-05e1
Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, Derecho de autor de
ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por
autorización de ASTM International

2008-01-02
3ª Edición

R.001-2008/INDECOPI-CRT. Publicada el 2008-01-25

Precio basado en 18 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Hormigón, concreto, resistencia, resistencia a la compresión, muestras cilíndricas

Fuente: INACAL

ANEXO N°19. Norma de Ensayo “Profundidad de Penetración de Agua Bajo Presión”

norma española

UNE-EN 12390-8

Noviembre 2011

TÍTULO

Ensayos de hormigón endurecido

Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión

*Testing hardened concrete. Part 8: Depth of penetration of water under pressure.
Essai pour béton durci. Partie 8: Profondeur de pénétration d'eau sous pression.*

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 12390-8:2011.

OBSERVACIONES


Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN 12390-8:2009.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 83 *Hormigón* cuya Secretaría desempeña ANEFHOP.

Fuente: AENOR

ANEXO N°20. Contenido de Humedad del Agregado Fino


**UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE**

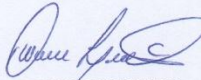
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
NTP 339.185: CONTENIDO DE HUMEDAD

A) DATOS GENERALES

TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO POR RELAVE
 MINERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE
 UN CONCRETO DE BAJO TRÁNSITO"
LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN
MUESTRA: AGREGADO FINO - ARENA GRUESA
CANTERA: "CANTERA DE PIAS"
FECHA: 16/02/2018
TESISTAS: - RODRÍGUEZ SALIRROSAS, JHOSVER
 - ULLOA SÁNCHEZ, FRANK
**JEFE DE
 LABORATORIO** - LEONARDO CARRASCO, WESLEY

B) DATOS TÉCNICOS


DESCRIPCIÓN	VALOR
Peso del Recipiente (gr)	117
Peso del Recipiente + Material Húmedo (gr)	1117
Peso del Recipiente + Material Seco (gr)	1107
Peso del Material Húmedo (gr)	1000
Peso del Material Seco (gr)	990
Peso de Agua Contenida (gr)	10
Contenido de Humedad (%)	1.00



 Coordinador de Laboratorio
 Carrera de Ingeniería Civil

Fuente: Base de datos de laboratorio UPN.

ANEXO N°21. Contenido de Humedad del Agregado Grueso



**UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

NTP 339.185: CONTENIDO DE HUMEDAD

A) DATOS GENERALES

TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE BAJO TRÁNSITO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

MUESTRA: AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA DE 1"

CANtera: "CANtera DE PÍAS"


FECHA: 16/02/2018

TESISTAS:
- RODRÍGUEZ SALIRROSAS, JHOSVER
- ULLOA SÁNCHEZ, FRANK

JEFE DE LABORATORIO - LEONARDO CARRASCO, WESLEY

B) DATOS TÉCNICOS


DESCRIPCIÓN	VALOR
Peso del Recipiente (gr)	310
Peso del Recipiente + Material Húmedo (gr)	5310
Peso del Recipiente + Material Seco (gr)	5290
Peso del Material Húmedo (gr)	5000
Peso del Material Seco (gr)	4980
Peso de Agua Contenida (gr)	20
Contenido de Humedad (%)	0.40



Coordinador de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

Fuente: Base de datos de laboratorio UPN.

ANEXO N°22. Contenido de Humedad del Relave Minero



UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL


NTP 339.185: CONTENIDO DE HUMEDAD

A) DATOS GENERALES

TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE BAJO TRÁNSITO"
LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN
MUESTRA: RELAVE MINERO
CANtera: "CANtera DE PÍAS"
FECHA: 23/04/2018
TESISTAS: - RODRÍGUEZ SALIRROSAS, JHOSVER
 - ULLOA SÁNCHEZ, FRANK
JEFE DE LABORATORIO - LEONARDO CARRASCO, WESLEY

B) DATOS TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN	VALOR
Peso del Recipiente (gr)	311
Peso del Recipiente + Material Húmedo (gr)	1311
Peso del Recipiente + Material Seco (gr)	1305
Peso del Material Húmedo (gr)	1000
Peso del Material Seco (gr)	994
Peso de Agua Contenida (gr)	6
Contenido de Humedad (%)	0.60



Coordinador de Laboratorio
 Carrera de Ingeniería Civil

Fuente: Base de datos de laboratorio UPN.

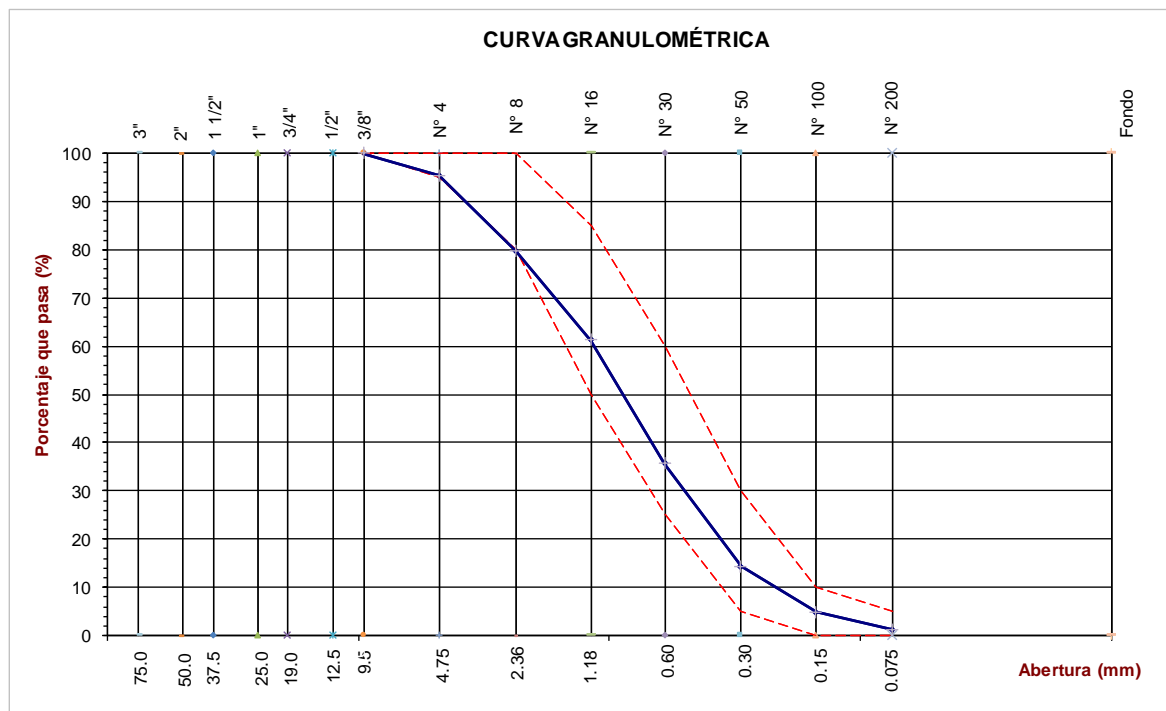
ANEXO N°23. Análisis Granulométrico por Tamizado del Agregado Fino

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NORMA DE ENSAYO ASTM C136 / NTP 400.012)

Solicitante : FRANK ULLOA / JHOSVER RODRIGUEZ
Proyecto : TESIS DE INVESTIGACIÓN
Ubicación : TRUJILLO - LA LIBERTAD

Fecha de ensayo : 18/02/2018

Tamiz	Abert. (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido (%)	Retenido Acum (%)	Pasante (%)	Rango		Datos de la muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000							Identificación : ARENA GRUESA Descripción : ARENA ZARANDEADA Procedencia : RIO PATAZ Fecha Recepción : 16/02/2018
2"	50.000							
1 1/2"	37.500							
1"	25.000							
3/4"	19.000							Masa Inicial (gr) 1500.0 Masa final (gr) 1497.0 Diferencia (Max 0.3%) 0.20 %
1/2"	12.500							
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
N° 4	4.750	70.0	4.7	4.7	95.3	95	100	
N° 8	2.360	232.0	15.5	20.2	79.8	80	100	Características Físicas Tamaño Máx. Nominal Material < Malla 200 4.2 % Contenido de Humedad 1.0 % Modulo de Finura 3.09
N° 16	1.180	278.0	18.6	38.7	61.3	50	85	
N° 30	0.600	384.0	25.7	64.4	35.6	25	60	
N° 50	0.300	318.0	21.2	85.6	14.4	5	30	
N° 100	0.150	142.0	9.5	95.1	4.9	0	10	
N° 200	0.075	55.0	3.7	98.8	1.2	0	5	
Fondo	-	18.0	1.2	100.0	0.0			
		1497.0	100.0					



Fuente: Los autores (2018).

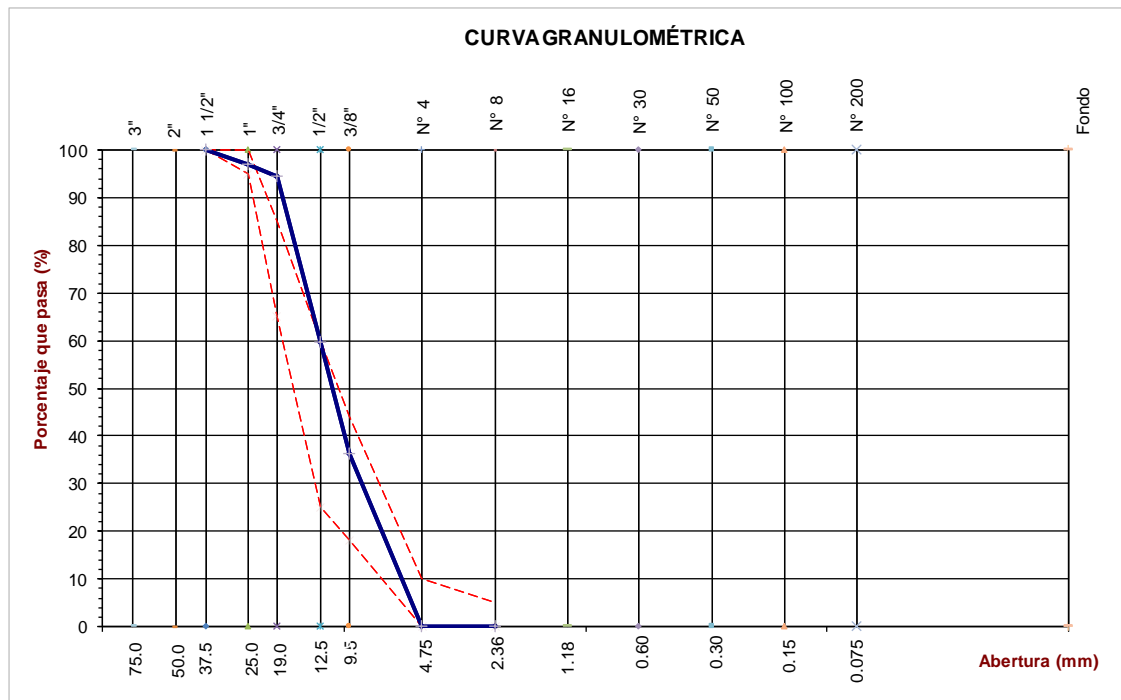
ANEXO N°24. Análisis Granulométrico por Tamizado del Agregado Grueso

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NORMA DE ENSAYO ASTM C136 / NTP 400.012)

Solicitante : FRANK ULLOA / JHOSVER RODRIGUEZ
Proyecto : TESIS DE INVESTIGACIÓN
Ubicación : TRUJILLO - LA LIBERTAD

Fecha de ensayo : 18/02/2018

Tamiz	Abert. (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido (%)	Retenido Acum (%)	Pasante (%)	Límites HUSO 57		Datos de la muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000							Identificación : PIEDRA HUSO 57 Descripción : PIEDRA ZARANDEADA Procedencia : RIO PATAZ F. Recepción : 16/02/2018
2"	50.000							
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
1"	25.000	374.0	3.2	3.2	96.8	95	100	
3/4"	19.000	280.0	2.4	5.5	94.5			
1/2"	12.500	4122.0	34.8	40.3	59.7	25	60	Masa Inicial (gr) 11850 Masa final (gr) 11840 Diferencia (Max 0.3%) 0.08 %
3/8"	9.500	2758.0	23.3	63.6	36.4	18	44	
N° 4	4.750	4298.0	36.3	99.9	0.1	0	10	
N° 8	2.360	0.0	0.0	99.9	0.1	0	5	Características Físicas Tamaño Máx. Nominal 1" Material < Malla 200 0.7 % Contenido de Humedad 0.4 % Modulo de Finura 6.70
N° 16	1.180							
N° 30	0.600							
N° 50	0.300							
N° 100	0.150							
N° 200	0.075							
Fondo	-	8.0	0.1	100.0	0.0			
		11840.0	100.0					



Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N°25. Análisis Granulométrico por Tamizado del Relave Minero

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NORMA DE ENSAYO ASTM C136 / NTP 400.012)

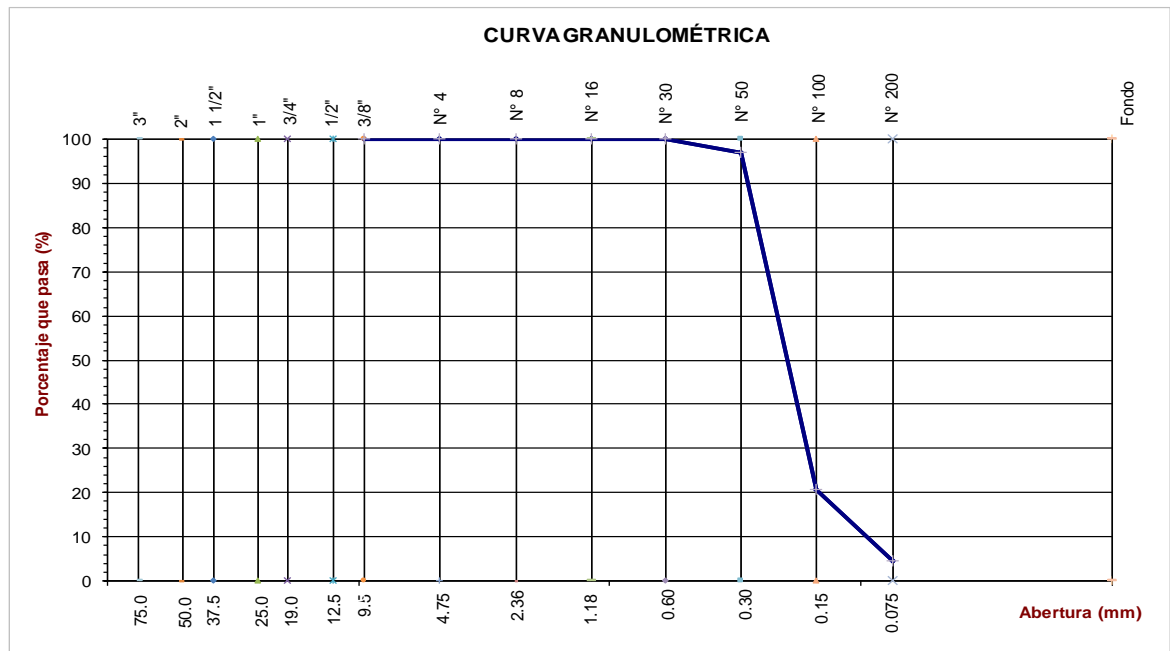
Solicitante : FRANK ULLOA / JHOSVER RODRIGUEZ

Proyecto : TESIS DE INVESTIGACIÓN

Fecha de ensayo : 18/02/2018


Ubicación : TRUJILLO - LA LIBERTAD

Tamiz	Abert. (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido (%)	Retenido Acum (%)	Pasante (%)	Rango		Datos de la muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000							Identificación : RELAVE MINERO Descripción : RELAVE MINERO Procedencia : RELAVES ALPAMARCA Fecha Recepción : 16/02/2018
2"	50.000							
1 1/2"	37.500							
1"	25.000							
3/4"	19.000							
1/2"	12.500							Masa Inicial (gr) 1130.0 Masa final (gr) 1128.0 Diferencia (Max 0.3%) 0.18 %
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
N° 4	4.750	0.0	0.0	0.0	100.0	95	100	
N° 8	2.360	0.0	0.0	0.0	100.0	80	100	
N° 16	1.180	0.0	0.0	0.0	100.0	50	85	
N° 30	0.600	0.0	0.0	0.0	100.0	25	60	Características Físicas Tamaño Máx. Nominal Material < Malla 200 % Contenido de Humedad 0.6 % Módulo de Finura 0.80
N° 50	0.300	34.0	3.0	3.0	97.0	5	30	
N° 100	0.150	860.0	76.2	79.3	20.7	0	10	
N° 200	0.075	184.0	16.3	95.6	4.4	0	5	
Fondo	-	50.0	4.4	100.0	0.0			
		1128.0	100.0					



Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N°26. Peso Unitario del Agregado Grueso



UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

NTP 400.017: PESO UNITARIO

A) DATOS GENERALES

TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE BAJO TRÁNSITO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

MUESTRA: AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA DE 1"

CANTERA: "CANTERA DE PÍAS"

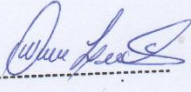
FECHA: 16/02/2018

TESISTAS: - RODRÍGUEZ SALIRROSAS, JHOSVER
- ULLOA SÁNCHEZ, FRANK

JEFE DE LABORATORIO - LEONARDO CARRASCO, WESLEY

B) DATOS TÉCNICOS


DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	PROMEDIO
Peso del recipiente + muestra suelta (kg)	14.75	14.59	
Peso del recipiente + muestra apisonada (kg)	15.482	15.661	
Peso del recipiente (kg)	3.436	3.436	
Peso de la muestra en estado suelto (kg)	11.314	11.154	
Peso de la muestra en estado apisonado (kg)	12.046	12.225	
Volumen del recipiente (m3)	0.007	0.007	
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1620	1590	1610
Peso Unitario Apisonado (kg/m3)	1720	1750	1740



Coordinador de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

Fuente: Base de datos de laboratorio UPN.

ANEXO N°27. Peso Unitario del Agregado Fino



UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
NTP 400.017: PESO UNITARIO

A) DATOS GENERALES

TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE BAJO TRÁNSITO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

MUESTRA: AGREGADO FINO - ARENA GRUESA

CANtera: "CANtera DE PÍAS"


FECHA: 16/02/2018

TESISTAS: - RODRÍGUEZ SALIRROSAS, JHOSVER
- ULLOA SÁNCHEZ, FRANK

JEFE DE LABORATORIO - LEONARDO CARRASCO, WESLEY

B) DATOS TÉCNICOS


DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	PROMEDIO
Peso del recipiente + muestra suelta (kg)	15.584	15.4122	
Peso del recipiente + muestra apisonada (kg)	16.804	16.861	
Peso del recipiente (kg)	3.436	3.436	
Peso de la muestra en estado suelto (kg)	12.148	11.9762	
Peso de la muestra en estado apisonado (kg)	13.368	13.425	
Volumen del recipiente (m3)	0.007	0.007	
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1740	1710	1730
Peso Unitario Apisonado (kg/m3)	1910	1920	1920



Coordinador de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

Fuente: Base de datos de laboratorio UPN.

ANEXO N°28. Peso Unitario del Relave Minero



UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
NTP 400.017: PESO UNITARIO

A) DATOS GENERALES

TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE BAJO TRÁNSITO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

MUESTRA: RELAVE MINERO

CANTERA: "CANTERA DE PÍAS"


FECHA: 16/02/2018

TESISTAS: - RODRÍGUEZ SALIRROSAS, JHOSVER
- ULLOA SÁNCHEZ, FRANK

JEFE DE LABORATORIO - LEONARDO CARRASCO, WESLEY

B) DATOS TÉCNICOS


DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	PROMEDIO
Peso del recipiente + muestra suelta (kg)	11.418	11.495	
Peso del recipiente + muestra apisonada (kg)	13.142	13.073	
Peso del recipiente (kg)	3.436	3.436	
Peso de la muestra en estado suelto (kg)	7.982	8.059	
Peso de la muestra en estado apisonado (kg)	9.706	9.637	
Volumen del recipiente (m3)	0.007	0.007	
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1140	1150	1150
Peso Unitario Apisonado (kg/m3)	1390	1380	1390



Coordinador de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

Fuente: Base de datos de laboratorio UPN.

ANEXO N°29. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino



UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

NTP 400.022: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

A) DATOS GENERALES

TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION DEL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE BAJO TRÁNSITO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

MUESTRA: AGREGADO FINO - ARENA GRUESA

CANTERA: "CANTERA DE PIAS"


FECHA: 19/02/2018

TESISTAS: - RODRÍGUEZ SALIRROSAS, JHOSVER
- ULLOA SÁNCHEZ, FRANK

JEFE DE LABORATORIO - LEONARDO CARRASCO, WESLEY

B) DATOS TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	PROMEDIO
Peso de la muestra secada en horno (gr)	496	496	
Peso del picnometro llenado con agua (gr)	690	68	
Peso del Picnometro llenado con muestra y agua (gr)	1006	992	
Peso de la muestra SSS(gr)	502	500	
Peso Especifico Base Seca (gr/cm³)	2.70	2.60	2.70
Peso Especifico Base SSS (gr/cm³)	2.70	2.60	2.70
Absorción (%)	1.20	0.80	1.00



Coordinador de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

Fuente: Base de datos de laboratorio UPN.

ANEXO N°30. Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso

**UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

NTP 400.021: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

A) DATOS GENERALES

TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION DEL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE BAJO TRÁNSITO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

MUESTRA: AGREGADO GRUESO -PIEDRA CHANCADA DE 1"

CANTERA: "CANTERA DE PIÁS"

FECHA: 19/02/2018

TESISTAS:
- RODRÍGUEZ SALIRROSAS, JHOSVER
- ULLOA SÁNCHEZ, FRANK

JEFE DE LABORATORIO - LEONARDO CARRASCO, WESLEY

B) DATOS TÉCNICOS


DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Peso de la muestra secada en horno al aire (gr)	4954	4960	
Peso de la muestra SSS al aire (gr)	5016	5030	
Peso aparente de la muestra saturada en agua (gr)	3250	3260	
Peso Especifico Base Seca (gr/cm ³)	2.80	2.80	2.80
Peso Especifico Base SSS (gr/cm ³)	2.80	2.80	2.80
Absorción (%)	1.3	1.4	1.4



Coordinador de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

Fuente: Base de datos de laboratorio UPN.

ANEXO N°31. Peso Específico y Absorción del Relave Minero



UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

NTP 400.022: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL RELAVE MINERO

A) DATOS GENERALES

TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION DEL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE BAJO TRÁNSITO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

MUESTRA: RELAVE MINERO

CANTERA: "CANTERA DE PÍAS"

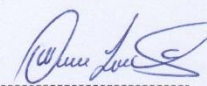
FECHA: 25/04/2018

TESISTAS:
- RODRÍGUEZ SALIRROSAS, JHOSVER
- ULLOA SÁNCHEZ, FRANK

JEFE DE LABORATORIO - LEONARDO CARRASCO, WESLEY

B) DATOS TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Peso de la muestra secada en horno al aire (gr)	498	500	
Peso de la muestra SSS al aire (gr)	694	684	
Peso aparente de la muestra saturada en agua (gr)	978	974	
Peso de la muestra SSS (gr)	500	502	
Peso Especifico Base Seca (gr/cm³)	2.31	2.36	2.34
Peso Especifico Base SSS (gr/cm³)	2.31	2.37	2.34
Absorción (%)	0.4	0.4	0.4



Coordinador de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

Fuente: Base de datos de laboratorio UPN.

ANEXO N°32. Diseño de Mezcla Patrón

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (ACI-211.1)							
ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONCRETO							
Descripcion	Tipo de Cemento	f_c (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)	Slump (pulg)	TMN Agr. Grueso	Relacion A/C	Observacion
Patron 175 kg/cm ²	M5	175	245	5	1"	0.63	
<small>f_c: Resistencia especificada; f'_{cr}: Resistencia requerida; TMN: Tamaño Maximo Nominal</small>							
PROPIEDADES FISICAS DE LOS MATERIALES							
Material	Peso Especifico (kg/m ³)	Absorción (%)	Contenido Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN Agr. Grueso (pulg)	Peso Unit. Compactado (kg/m ³)	Procedencia
Cemento Tipo M5	3000	-	-	-	-	-	CPSAA
Agua Potable	1000	-	-	-	-	-	Red Pública
Agregado Fino - Arena	2640	1.0	1.0	3.09	-	-	Cantera Rio Pataz
Agregado Grueso - H57	2810	1.4	0.4	6.69	1	1734	Cantera Rio Pataz
<small>PUS: Peso Unitario Suelto</small>							
PROPORCIONES DE LA MEZCLA DE CONCRETO							
							0.054
Material	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Peso Humedo (kg/m ³)	Incidencia en Peso (%)	Mezcla de Prueba (kg)*	Observacion
Cemento Tipo M5	314	0.105	314	314	13.2	16.96	
Agua Potable	198	0.198	198	209	8.3	11.29	
Agregado Fino - Arena	758	0.287	765	765	31.8	41.32	
Agregado Grueso - H67	1110	0.395	1126	1114	46.6	60.18	
Aire atrapado	0	0.015	0	0	0.0	0	
Totales	2380	1.000	2403	2403	99.9	129.75	
<small>(*) Mezcla de prueba de 54 litros</small>							

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N°33. Diseño de Mezcla con 5% de Relave Minero

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (ACI-211.1)							
ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONCRETO							
Descripcion	Tipo de Cemento	F _c (kg/cm ²)	F' _{cr} (kg/cm ²)	Slump (pulg)	TMN Agr. Grueso	Relacion A/C	Observacion
175 kg/cm ² + 5% Relave Minero	MS	175	245	5	1"	0.63	
F _c : Resistencia especificada; F' _{cr} : Resistencia requerida; TMN: Tamaño Maximo Nominal							
PROPIEDADES FISICAS DE LOS MATERIALES							
Material	Peso Especifico (kg/m ³)	Absorción (%)	Contenido Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN Agr. Grueso (pulg)	Peso Unit. Compactado (kg/m ³)	Procedencia
Cemento Tipo MS	3000	-	-	-	-	-	CPSAA
Agua Potable	1000	-	-	-	-	-	Red Pública
Agregado Fino - Arena	2640	1.0	1.0	3.09	-	-	Cantera Rio Pataz
Agregado Fino - Relave	2340	0.4	0.6	-	-	-	Relaves Alpamarca
Agregado Grueso - H57	2810	1.4	0.4	6.69	1	1734	Cantera Rio Pataz
PUS: Peso Unitario Suelto							
PROPORCIONES DE LA MEZCLA DE CONCRETO 0.054							
Material	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Peso Humedo (kg/m ³)	Incidencia en Peso (%)	Mezcla de Prueba (kg)*	Observacion
Cemento Tipo MS	314	0.105	314	314	13.2	16.96	
Agua Potable	198	0.198	198	209	8.3	11.29	
Agregado Fino - Arena	739	0.280	747	747	31.1	40.32	
Agregado Fino - Relave	16	0.007	16	16	0.7	0.87	
Agregado Grueso - H57	1110	0.395	1126	1114	46.7	60.18	
Aire atrapado	0	0.015	0	0	0.0	0	
Totales	2377	1.000	2400	2400	100	129.62	
(*) Mezcla de prueba de 54 litros							

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N°34. Diseño de Mezcla con 10% de Relave Minero

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (ACI-211.1)							
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONCRETO							
Descripción	Tipo de Cemento	f _c (kg/cm ²)	f _{cr} (kg/cm ²)	Slump (pulg)	TMN Agr. Grueso	Relacion A/C	Observación
175 kg/cm ² + 10% Relave Minero	M5	175	245	5	1"	0.63	
f _c : Resistencia especificada; f _{cr} : Resistencia requerida; TMN: Tamaño Máximo Nominal							
PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES							
Material	Peso Específico (kg/m ³)	Absorción (%)	Contenido Humedad (%)	Módulo de Finura	T. Max Agr. Grueso (pulg)	Peso Unit. Compactado (kg/m ³)	Procedencia
Cemento Tipo M5	3000	-	-	-	-	-	CPSAA
Agua Potable	1000	-	-	-	-	-	Red Pública
Agregado Fino - Arena	2640	1.0	1.0	3.09	-	-	Cantera Rio Pataz
Agregado Fino - Relave	2340	0.4	0.6	-	-	-	Relaves Alpamarca
Agregado Grueso - H57	2810	1.4	0.4	6.69	1	1734	Cantera Rio Pataz
PUS: Peso Unitario Suelto							
PROPORCIONES DE LA MEZCLA DE CONCRETO 0.054							
Material	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Peso Humedo (kg/m ³)	Incidencia en Peso (%)	Mezcla de Prueba (kg) ^a	Observación
Cemento Tipo I	314	0.105	314	314	13.2	16.96	
Agua Potable	198	0.198	198	209	8.3	11.29	
Agregado Fino - Arena	723	0.274	731	731	30.4	39.45	
Agregado Fino - Relave	31	0.013	31	31	1.3	1.68	
Agregado Grueso - H57	1110	0.395	1126	1114	46.7	60.18	
Aire atrapado	0	0.015	0	0	0.0	0	
Totales	2376	1.000	2399	2399	100	129.56	
(*) Mezcla de prueba de 54 litros							


Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N°35. Diseño de Mezcla con 15% de Relave Minero

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (ACI-211.1)							
ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONCRETO							
Descripcion	Tipo de Cemento	f _c (kg/cm ²)	f _{cr} (kg/cm ²)	Slump (pulg)	TMN Agr. Grueso	Relacion A/C	Observacion
175 kg/cm ² + 15% Relave Minero	M5	175	245	5	1"	0.63	
f _c : Resistencia especificada; f _{cr} : Resistencia requerida; TMN: Tamaño Maximo Nominal							
PROPIEDADES FISICAS DE LOS MATERIALES							
Material	Peso Especifico (kg/m ³)	Absorción (%)	Contenido Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN Agr. Grueso (pulg)	Peso Unit. Compactado (kg/m ³)	Procedencia
Cemento Tipo M5	3000	-	-	-	-	-	CPSAA
Agua Potable	1000	-	-	-	-	-	Red Pública
Agregado Fino - Arena	2640	1.0	1.0	3.09	-	-	Cantera Rio Pataz
Agregado Fino - Relave	2340	0.4	0.6	-	-	-	Relaves Alpamarca
Agregado Grueso - H57	2810	1.4	0.4	6.69	1	1734	Cantera Rio Pataz
PUS: Peso Unitario Suelto							
PROPORCIONES DE LA MEZCLA DE CONCRETO							
Material	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Peso Humedo (kg/m ³)	Incidencia en Peso (%)	Mezcla de Prueba (kg)*	Observacion
Cemento Tipo M5	314	0.105	314	314	13.2	16.96	
Agua Potable	198	0.198	198	209	8.3	11.29	
Agregado Fino - Arena	705	0.267	712	712	29.7	38.44	
Agregado Fino - Relave	47	0.02	47	47	2.0	2.55	
Agregado Grueso - H57	1110	0.395	1126	1114	46.8	60.18	
Aire atrapado	0	0.015	0	0	0.0	0	
Totales	2374	1.000	2397	2397	100	129.42	
[*] Mezcla de prueba de 54 litros							

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N°36. Asentamiento del Concreto en Estado Fresco



UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

NTP 339.035: ASENTAMIENTO DEL CONCRETO

A) DATOS GENERALES

TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE BAJO TRÁNSITO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - QCE

FECHA: 02 - 11/05/2018
27 - 30/06/2018


TESISTAS: - RODRÍGUEZ SALIRROSAS, JHOSVER
- ULLOA SÁNCHEZ, FRANK

B) DATOS TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN	SLUMP
Concreto Patrón (CP - 01)	7"
Concreto + Relave Minero 5% (CR5 - 01)	7"
Concreto + Relave Minero 10% (CR5 - 01)	6"
Concreto + Relave Minero 15% (CR5 - 01)	6"
Concreto Patrón (CP - 02)	5"
Concreto + Relave Minero 5% (CR5 - 02)	6"
Concreto + Relave Minero 10% (CR5 - 02)	5"
Concreto + Relave Minero 15% (CR5 - 02)	5"
Concreto Patrón (CP - 03)	5"
Concreto + Relave Minero 5% (CR5 - 03)	5"
Concreto + Relave Minero 10% (CR5 - 03)	6"
Concreto + Relave Minero 15% (CR5 - 03)	6"

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N°37. Peso Unitario del Concreto en Estado Fresco



UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

NTP 339.046: PESO UNITARIO DEL CONCRETO

A) DATOS GENERALES

TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE BAJO TRÁNSITO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - QCE

FECHA: 02 - 11/05/2018
27 - 30/06/2018


TESISTAS: - RODRÍGUEZ SALIRROSAS, JHOSVER
- ULLOA SÁNCHEZ, FRANK

B) DATOS TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN	PUCS (kg/m ³)
Concreto Patrón (CP - 01)	2341
Concreto + Relave Minero 5% (CR5 - 01)	2348
Concreto + Relave Minero 10% (CR5 - 01)	2343
Concreto + Relave Minero 15% (CR5 - 01)	2342
Concreto Patrón (CP - 02)	2355
Concreto + Relave Minero 5% (CR5 - 02)	2355
Concreto + Relave Minero 10% (CR5 - 02)	2357
Concreto + Relave Minero 15% (CR5 - 02)	2367
Concreto Patrón (CP - 03)	2340
Concreto + Relave Minero 5% (CR5 - 03)	2348
Concreto + Relave Minero 10% (CR5 - 03)	2347
Concreto + Relave Minero 15% (CR5 - 03)	2342

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N°38. Contenido de Aire del Concreto en Estado Fresco



UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

NTP 339.080: CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO

A) DATOS GENERALES

TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE BAJO TRÁNSITO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - QCE

FECHA: 02 - 11/05/2018
27 - 30/06/2018


TESISTAS: - RODRÍGUEZ SALIRROSAS, JHOSVER
- ULLOA SÁNCHEZ, FRANK

B) DATOS TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN	Aire (%)
Concreto Patrón (CP - 01)	0.8
Concreto + Relave Minero 5% (CR5 - 01)	0.9
Concreto + Relave Minero 10% (CR5 - 01)	0.9
Concreto + Relave Minero 15% (CR5 - 01)	1.1
Concreto Patrón (CP - 02)	1.3
Concreto + Relave Minero 5% (CR5 - 02)	1.3
Concreto + Relave Minero 10% (CR5 - 02)	1.3
Concreto + Relave Minero 15% (CR5 - 02)	1.4
Concreto Patrón (CP - 03)	1.3
Concreto + Relave Minero 5% (CR5 - 03)	1.1
Concreto + Relave Minero 10% (CR5 - 03)	1.2
Concreto + Relave Minero 15% (CR5 - 03)	1.3

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N°39. Temperatura del Concreto en Estado Fresco



UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

NTP 339.184: TEMPERATURA DEL CONCRETO

A) DATOS GENERALES

TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE BAJO TRÁNSITO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - QCE

FECHA: 02 - 11/05/2018
27 - 30/06/2018


TESISTAS: - RODRÍGUEZ SALIRROSAS, JHOSVER
- ULLOA SÁNCHEZ, FRANK

B) DATOS TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA °C
Concreto Patrón (CP - 01)	23.0
Concreto + Relave Minero 5% (CR5 - 01)	23.0
Concreto + Relave Minero 10% (CR5 - 01)	22.5
Concreto + Relave Minero 15% (CR5 - 01)	23.0
Concreto Patrón (CP - 02)	22.5
Concreto + Relave Minero 5% (CR5 - 02)	22.5
Concreto + Relave Minero 10% (CR5 - 02)	22.0
Concreto + Relave Minero 15% (CR5 - 02)	22.5
Concreto Patrón (CP - 03)	21.0
Concreto + Relave Minero 5% (CR5 - 03)	22.0
Concreto + Relave Minero 10% (CR5 - 03)	22.5
Concreto + Relave Minero 15% (CR5 - 03)	21.5

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N°40. Resistencia a Compresión del Concreto a los 7 días



UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
NTP 339.034: RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO

A) DATOS GENERALES

TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE BAJO TRÁNSITO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - QCE


TESISTAS: - RODRÍGUEZ SALIRROSAS, JHOSVER
- ULLOA SÁNCHEZ, FRANK

B) DATOS TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS DE CURADO	CODIFICACIÓN	RESISTENCIA A COMPRESIÓN [kg/cm ²]	F _c PROMEDIO [kg/cm ²]	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	TIPO DE FALLA
CONCRETO PATRÓN	09/05/2018	07	CP-01	190	198.00	23.48	2
			CP-02	182			2
	15/05/2018		CP-03	186			2
			CP-04	177			2
	04/07/2018		CP-05	235			1
			CP-06	220			1
CONCRETO + 5% DE RELAVE MINERO	10/05/2018	07	CR5-01	180	198.00	19.95	2
			CR5-02	166			2
	16/05/2018		CR5-03	208			2
			CR5-04	217			1
	05/07/2018		CR5-05	208			2
			CR5-06	207			1
CONCRETO + 10% DE RELAVE MINERO	09/05/2018	07	CR10-01	250	243.00	24.78	2
			CR10-02	265			1
	15/05/2018		CR10-03	227			2
			CR10-04	255			1
	04/07/2018		CR10-05	200			1
			CR10-06	260			2
CONCRETO + 15% DE RELAVE MINERO	09/05/2018	07	CR15-01	150	191.00	31.81	2
			CR15-02	159			1
	15/05/2018		CR15-03	224			1
			CR15-04	225			1
	04/07/2018		CR15-05	188			2
			CR15-06	201			2

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N°41. Resistencia a Compresión del Concreto a los 14 días



UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
NTP 339.034: RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO

A) DATOS GENERALES

TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE BAJO TRÁNSITO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - QCE


TESISTAS: - RODRÍGUEZ SALIRROSAS, JHOSVER
- ULLOA SÁNCHEZ, FRANK

B) DATOS TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS DE CURADO	CODIFICACIÓN	RESISTENCIA A COMPRESIÓN [kg/cm ²]	F'c PROMEDIO [kg/cm ²]	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	TIPO DE FALLA
CONCRETO PATRÓN	16/05/2018	14	CP-01	250	249.00	7.09	1
			CP-02	258			2
	22/05/2018		CP-03	242			2
			CP-04	247			1
	11/07/2018		CP-05	255			2
			CP-06	240			1
CONCRETO + 5% DE RELAVE MINERO	17/05/2018	14	CR5-01	230	249.00	17.79	1
			CR5-02	223			2
	23/05/2018		CR5-03	258			1
			CR5-04	257			1
	12/07/2018		CR5-05	261			2
			CR5-06	265			2
CONCRETO + 10% DE RELAVE MINERO	18/05/2018	14	CR10-01	285	290.00	6.92	1
			CR10-02	290			2
	24/05/2018		CR10-03	299			1
			CR10-04	293			2
	13/07/2018		CR10-05	295			1
			CR10-06	280			2
CONCRETO + 15% DE RELAVE MINERO	19/05/2018	14	CR15-01	245	247.00	6.11	2
			CR15-02	240			2
	25/05/2018		CR15-03	242			2
			CR15-04	250			2
	30/07/2018		CR15-05	257			2
			CR15-06	247			2

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N°42. Resistencia a Compresión del Concreto a los 28 días

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL NTP 339.034: RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO							
A) DATOS GENERALES							
TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE BAJO TRÁNSITO"							
LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - QCE							
TESISTAS: - RODRÍGUEZ SALIRROSAS, JHOSVER - ULLOA SÁNCHEZ, FRANK							
B) DATOS TÉCNICOS							
DESCRIPCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS DE CURADO	CODIFICACIÓN	RESISTENCIA A COMPRESIÓN [kg/cm ²]	F _c PROMEDIO [kg/cm ²]	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	TIPO DE FALLA
CONCRETO PATRÓN	30/05/2018	28	CP-01	295	298.00	10.11	2
			CP-02	298			2
			CP-03	290			1
	05/06/2018		CP-04	298			1
			CP-05	294			2
			CP-06	280			1
	25/07/2018		CP-07	312			1
			CP-08	306			2
			CP-09	310			2
CONCRETO + 5% DE RELAVE MINERO	31/05/2018	28	CR5-01	290	298.00	10.58	2
			CR5-02	275			1
			CR5-03	296			1
	06/06/2018		CR5-04	306			2
			CR5-05	310			2
			CR5-06	298			1
	26/07/2018		CR5-07	307			2
			CR5-08	295			1
			CR5-09	300			1
CONCRETO + 10% DE RELAVE MINERO	01/06/2018	28	CR10-01	317	328.00	9.82	2
			CR10-02	310			2
			CR10-03	326			1
	07/06/2018		CR10-04	333			2
			CR10-05	324			1
			CR10-06	331			1
	27/07/2018		CR10-07	329			1
			CR10-08	335			2
			CR10-09	343			1
CONCRETO + 15% DE RELAVE MINERO	02/06/2018	28	CR15-01	285	297.00	6.56	1
			CR15-02	290			1
			CR15-03	295			1
	08/06/2018		CR15-04	297			2
			CR15-05	304			2
			CR15-06	298			1
	28/07/2018		CR15-07	302			2
			CR15-08	300			1
			CR15-09	305			1

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N°43. Certificado de Calibración de Máquina de Compresión



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CMC-116-2016**

Peticionario : QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
 Atención : QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
 Lugar de calibración : Av. América Sur N° 4138 Urb. San Andres - Trujillo.
 Tipo de equipo : Máquina de compresión axial eléctrico-hidráulica digital
 Capacidad del equipo : 2,000 kN
 División de escala : 1 kgf.
 Marca : ALFA
 Modelo : B-001/LCD/2
 N° de serie del equipo : 050220/21
 Panel digital : DIGITAL ALFA
 Número serie panel digital : 050220/21
 Código : No Indica,
 Procedencia : Turquía.
 Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing machines"
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25,9°C / 59%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 26,3°C / 57%
 Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8517, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reporte N° C-8517B0416
 Número de páginas : 2
 Fecha de calibración : 2016-10-21

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
 Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2016-10-24	 Vladimir Tito Torre INGENIERO DE LABORATORIO	 JOSEPH ARNALDO RUMIACHE ORMENO INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 89946

Página 1 de 2

CMC-116-2016
 Av. Brasil 1361 Int. 692 - Jesús María - Lima Telf: (01)4371145 - 3322711 web: www.celdaeir.com email: celda@celdaeir.com

Fuente: QCE S.A.C

ANEXO N°44. Certificado de calibración de equipo de Permeabilidad (Manómetro)



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCE-016-2017**

Peticionario : SIKA PERÚ S.A.
 Atención : SIKA PERÚ S.A.
 Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL, Av. Brasil N° 1391 - Jesús María - Lima
 Tipo de equipo : Manómetro de Equipo de Permeabilidad
 Serie del equipo : 11001770
 Modelo del equipo : 65-C0244/B
 Tipo de indicador (dial) : Analógico
 Alcance de indicación : 0 - 10 bar
 División de escala : 0,1 bar
 Marca : CONTROLS
 Procedencia : Italia
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 20,3 °C / 70%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 20,4 °C / 69%
 Método de calibración : Procedimiento de calibración de manómetros, vacuómetros y manovacuómetros de deformación elástica - PC 004 - segunda edición.
 Patrón de referencia : Marca KELLER, tipo MPX de 0-26 bar de capacidad, con N° de serie 6537 con certificado de calibración N° 238 174.
 Número de páginas : 2
 Fecha de calibración : 2017-11-03



Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello*	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2017-11-04	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JOSE FRANCISCO RAMIREZ PALAU INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84296

Fuente: SIKA PERÚ S.A.

ANEXO N°45. Análisis de Costos Unitarios - Concreto en Veredas (con Impermeabilizante)

Partida: CONCRETO EN VEREDAS $F'c=175\text{kg/cm}^2$, (CON IMPERMEABILIZANTE)					
Rendimiento: 100 $\text{m}^2/\text{día}$			Costo unitario por: m^2	S/ 55.50	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OPERARIO	hh	3.0000	0.2400	20.43	4.90
OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	16.45	1.32
PEÓN	hh	6.0000	0.4800	14.76	7.08
Materiales					
AGREGADO GRUESO	m3		0.0622	70.00	4.35
ARENA GRUESA	m3		0.0452	70.00	3.16
AGUA	m3		0.0311	5.00	0.16
CEMENTO PORTLAND TIPO MS (42.5KG)	bols		1.1636	27.00	31.42
ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	kg		0.0800	18.00	1.44
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	13.30	0.40
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP	hm	1.0000	0.0800	5.37	0.43
MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3	hm	1.0000	0.0800	10.56	0.84

Fuente: Los autores (2018)

ANEXO N°46. Análisis de Costos Unitarios - Concreto en Veredas (Incl.10% de Relave x Arena Gruesa)

Partida: CONCRETO EN VEREDAS $F'c=175\text{kg/cm}^2$, (INCL. 10% RELAVE x ARENA GRUESA)					
Rendimiento: 100 $\text{m}^2/\text{día}$			Costo unitario por: m^2	S/ 53.81	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OPERARIO	hh	3.0000	0.2400	20.43	4.90
OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	16.45	1.32
PEÓN	hh	6.0000	0.4800	14.76	7.08
Materiales					
AGREGADO GRUESO	m^3		0.0622	70.00	4.35
ARENA GRUESA	m^3		0.0410	70.00	2.87
AGUA	m^3		0.0311	5.00	0.16
CEMENTO PORTLAND TIPO MS (42.5KG)	bols		1.1636	27.00	31.42
RELAVE MINERO	m^3		0.0020	10.00	0.04
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	13.30	0.40
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP	hm	1.0000	0.0800	5.37	0.43
MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3	hm	1.0000	0.0800	10.56	0.84

Fuente: Los autores (2018)

Anexo N°47. PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 5.1. Ingreso al depósito de relaves Alpamarca



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.2. Zona de almacenamiento de relave minero



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.3. Llenado en saco el relave minero



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.4. Estructura Hidráulicas de Alpamarca



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.5. Muestra del Agregado Grueso



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.6. Muestra del Agregado Fino para determinar el peso específico



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.7. Muestra del Relave Minero para determinar el peso específico



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.8. Tamizado para estimación de tamaños de los agregados



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.9. Peso del Agregado Fino Tamizado



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.10. Moldes de Probetas Cilíndricas



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.11. Materiales para el concreto en estado Fresco



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.12. Medida del Asentamiento (Slump) del Concreto en Estado Fresco



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.13 Medida del Peso Unitario del Concreto en Estado Fresco



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.14. Medida de la Temperatura del Concreto en Estado Fresco



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.15. Medida del Contenido de Aire del Concreto en Estado Fresco



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.16. Probetas Cilíndricas de Concreto



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.17. Curado de Probetas de Concreto



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.18. Probetas de concreto a ensayar



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.19. Máquina de Ensayo a la Compresión



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.20. Ensayo a la Compresión de Probetas



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.21. Ensayo de penetración de agua bajo presión (Permeabilidad)



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.22. Rotura de probeta patrón



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.23. Rotura de probeta con 5% de relave



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.24. Rotura de probeta con 10% de relave



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.25. Rotura de probeta con 15% de relave



Fuente: Los autores (2018)

Figura 5.26. Resultados del Ensayo a la Permeabilidad



Fuente: Los autores (2018)