

“Año de la Consolidación del Mar de Grau”

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $F'_c=175 \text{ Kg/cm}^2$
ADICIONANDO RELAVE MINERO PARA TRÁNSITO LIGERO
RELAVERA PACOCOCHA-P VIRREYNA–CASTROVIRREYNA-
HUANCAVELICA”**

PRESENTADO POR:

Bach. JAIME VLADIMIR QUICHCA PALOMINO

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

HUANCAYO– PERÚ

-2016-

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

**PH.D. MOHAMED MEHDI HADI MOHAMED
PRESIDENTE**

JURADO

JURADO

JURADO

**MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE**

ASESOR

METODOLOGICO:

MG. ESTRADA CORREA, IVAN NIKOLAI

TEMATICO:

ING. FLORES ESPINOZA, CARLOS GERARDO

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	II
ÍNDICE DE FOGRÁFIAS	III
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE GRÁFICOS	X
ÍNDICE DE MAPAS	VI
LISTA DE ANEXOS	VII
RESUMEN	VII
INTRODUCCION	IX
CAPITULO I EL PROBLEMA	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2.1 PROBLEMA GENERAL:	2
1.2.2 PROBLEMA ESPECIFICO:	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 OBJETIVOS GENERALES:	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	3
1.4 JUSTIFICACIÓN	4
1.4.1 CIENTÍFICA:	4
1.4.2 SOCIAL:	4
1.4.3 ECONOMICO:	5
1.5 RELEVANCIA.....	5
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION.....	6
1.7 LIMITE ESPACIAL	6
1.7.1 UBICACIÓN:	6
1.8 LIMITES TEMPORALES.....	9
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 ANTECEDENTES	10
2.1.1 A NIVEL INTERNACIONAL	10
2.1.2 A NIVEL NACIONAL	11
2.1.3 A NIVEL LOCALES.....	11
2.2 BASES TEÓRICAS	12
2.2.1 INTRODUCCION	12

2.2.2	DEFINICION DE CONCRETO	13
2.2.2.1	CLASIFICACION GENERAL DEL CONCRETO.....	13
2.2.2.2	REQUISITOS DEL CONCRETO	13
2.2.2.3	NATURALEZA DEL CONCRETO	14
2.2.2.4	MATERIALES COMPONENTES DEL CONCRETO	16
2.2.2.5	PROPIEDADES DEL CONCRETO	16
2.2.2.6	TIPO DE CONCRETO A UTILIZAR	19
2.2.3	CEMENTO PORTLAND NORMAL	20
2.2.3.1	FABRICACION DEL CEMENTO	20
2.2.3.2	COMPOSICION QUIMICA	23
2.2.3.3	PROPIEDADES DEL CEMENTO.....	24
2.2.3.4	TIPO DE CEMENTO A UTILIZAR.....	27
2.2.4	CANTERA.....	27
2.2.5	AGREGADOS.....	27
2.2.5.1	TAMAÑO MÁXIMO.....	28
2.2.5.2	TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO	28
2.2.5.3	MÓDULO DE FINEZA	28
2.2.5.4	CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS.....	29
2.2.5.5	FUNCIONES DEL AGREGADO.....	29
2.2.5.6	NORMAS Y REQUISITOS DE LOS AGREGADOS PARA EL CONCRETO.....	30
2.2.5.7	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS AGREGADOS	33
2.2.6	AGUA.....	36
2.2.7	SECUENCIA DE LA METODOLOGIA	38
2.2.8	REQUERIMIENTOS MINIMOS DEL CONCRETO	38
2.2.9	ENSAYOS INVOLUCRADOS	38
2.2.10	DISEÑOS DE MEZCLA INVOLUCRADOS.....	41
2.2.11	MATERIALES E INSUMOS INVOLUCRADOS EN LA INVESTIGACION.....	41
2.2.11.1	CONCRETO CONVENCIONAL	41
2.2.11.2	AGREGADOS	41
2.2.11.3	RELAVE MINERO	42
2.2.12	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES INVOLUCRADOS....	42
2.2.12.1	AGREGADOS	42
2.2.12.2	CEMENTO	47

2.2.12.3	AGUA	47
2.2.12.4	RELAVE	47
-	RELAVE R/PAC	48
-	RELAVE R/ACCH	48
2.2.13	DISEÑO DE MEZCLA	48
2.2.14	SELECCIÓN DE LAS PROPORCIONES DEL CONCRETO MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI.	48
2.2.15	SECUENCIA DEL DISEÑO	49
2.2.16	PARAMETROS DE INGRESO	50
2.2.17	DISEÑO ESTANDAR	50
2.2.17.1	Materiales	50
2.2.17.2	Determinación de la resistencia promedio ($f'c_r$).....	51
2.2.17.3	Selección del tamaño máximo nominal del agregado.	51
2.2.17.4	Selección del asentamiento.....	51
2.2.17.5	Volumen unitario de agua de diseño.	52
2.2.17.6	Contenido de aire	52
2.2.17.7	Relación agua-cemento.....	53
2.2.17.8	Factor cemento.....	53
2.2.17.9	Cantidad de agregado grueso	54
2.2.17.10	Calculo del volumen absoluto	55
2.2.17.11	Contenido de agregado fino	55
2.2.17.12	Valores de diseño	55
2.2.17.13	Corrección por humedad del agregado	55
2.2.17.14	Volúmenes absolutos de los agregados.....	56
2.2.17.15	Cantidad de los materiales por m ³	56
2.2.17.16	Expresión de las proporciones en peso	56
2.2.17.17	Cantidad de material por bolsa	56
2.2.17.18	Dosificación en volumen	56
2.3	HIPÓTESIS	57
2.3.1	HIPÓTESIS DE TRABAJO	57
2.3.2	HIPÓTESIS NULA	57
2.3.3	HIPOTESIS ALTERNATIVA	57
2.3.4	HIPOTESIS ESTADISTICA	57
2.4	IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACION DE LAS VARIABLES	58
2.4.1	IDENTIFICACION DE VARIABLES	58

2.4.2	VARIABLE MAS IMPORTANTES	58
2.5	CLASIFICACION DE LAS VARIABLES	58
2.5.1	VARIABLES INDEPENDIENTES.....	58
2.5.2	VARIABLE DEPENDIENTE	58
2.6	OPERACIONALIZACION DE LA VARIABLES.....	59
2.7	MATRIZ DE CONSISTENCIA	60
CAPITULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		61
3.1	METODO DE LA INVESTIGACION	61
3.1.1	TIPO DE INVESTIGACION.....	61
3.1.2	NIVEL DE INVESTIGACION.....	61
3.2	METODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION	61
3.2.1	METODO DE ANALISIS DE DATOS.....	61
3.2.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACION	61
3.2.3	POBLACION	62
3.2.4	MUESTRA	62
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	62
3.4	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.	63
3.4.1	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM C566 – 97).....	63
3.4.1.1	SECO	63
3.4.1.2	SECO AL AIRE:.....	64
3.4.1.3	SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO:	64
3.4.1.4	HÚMEDO:	64
3.4.1.5	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:.....	66
3.4.2	CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 400.010):	66
3.4.2.1	EQUIPO Y MATERIALES:	67
3.4.2.2	PROCEDIMIENTO:	68
3.4.3	LA GRANULOMETRÍA. AASHTO T 2/ASTM D75	70
3.4.3.1	PRIMERO:.....	70
3.4.3.2	SEGUNDO:	70
3.4.3.3	MODULO DE FINURA (MF):.....	71
3.4.3.4	SUPERFICIE ESPECÍFICA (SE):.....	71
3.4.3.5	MATERIAL Y EQUIPO:	71
3.4.3.6	PROCEDIMIENTO:	72
3.4.4	PESO ESPECÍFICO (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCION EN AGREGADOS FINOS ASTM 118 Y AGREGADOS GRUESOS ASTM 117. 74	

3.4.4.1 PESO ESPECÍFICO.....	74
3.4.4.2 PESO ESPECÍFICO APARENTE.....	74
3.4.4.3 PESO ESPECÍFICO DE MASA.....	74
3.4.4.4 PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA.....	75
3.4.4.5 ABSORCIÓN.....	75
3.4.4.6 PARA AGREGADO FINO.	75
3.4.4.7 PARA AGREGADO GRUESO	76
3.4.4.8 ENSAYO DE HUMEDAD SUPERFICIAL:	76
3.4.4.9 CONO PROVISIONAL DE PRUEBA:.....	77
3.4.4.10EQUIPO Y MATERIALES:	77
3.4.4.11PROCEDIMIENTO:	78
3.4.4.12PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO (A.S.T.M. C 29 / C 29M – 90 PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO FINO:	82
3.4.4.13PESO UNITARIO SUELTO:.....	83
3.4.4.14PESO UNITARIO COMPACTO:.....	84
3.4.4.15PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO: (Suelto Y Compactado)	90
CAPITULO IV RESULTADOS.....	95
4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	95
4.2 DISCUSIONES.....	97
CONCLUSIONES	98
RECOMENDACIONES	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
ANEXOS	101

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFIA 1: Etapas en la producción del cemento Portland, a través del proceso seco.....	22
FOTOGRAFIA 2: Formas de secado del agregado	67
FOTOGRAFIA 3: Balanza y recipiente.....	67
FOTOGRAFIA 4: Muestras húmeda de AF en las taras	68
FOTOGRAFIA 5: Taras puestas en el horno a secar por 24 horas.....	69
FOTOGRAFIA 6 : Determinación peso de la muestra seca	70
FOTOGRAFIA 7: Muestra del agregado en peso	72
FOTOGRAFIA 8: Juegos de tamices	72
FOTOGRAFIA 9: Muestras retenidas en cada tamiz	73
FOTOGRAFIA 10: Escala logarítmica para el análisis del agregado	73
FOTOGRAFIA 11: Pesamos el AF para ensayarlo (2Kg)	78
FOTOGRAFIA 12 : Secamos la muestra hasta peso constante	78
FOTOGRAFIA 13: Muestra de A.F. sumergida en agua.....	79
FOTOGRAFIA 14 : Secado de la muestra hasta el estado SSS Con una secadora de pelo.....	79
FOTOGRAFIA 15: Colocando la 1° tercera parte de AF al cono	80
FOTOGRAFIA 16: Realizando los golpes para compactar la primera parte	80
FOTOGRAFIA 17: Muestra que aún no está en estado SSS	80
FOTOGRAFIA 18: Muestra en estado de SSS, puesto que se rebajó con referencia del principio	81
FOTOGRAFIA 19: Colocando el AF a la fiola	81
FOTOGRAFIA 20: Fiola con agregado más agua.....	81
FOTOGRAFIA 21: De la fiola a un depósito para ser secado en el horno	82
FOTOGRAFIA 22: Balanza utilizada.....	84
FOTOGRAFIA 23: Molde y barra compactadora utilizados en el ensayo	85
FOTOGRAFIA 24: / Agregado fino extraído de la cantera	85
FOTOGRAFIA 25: Pesado del recipiente sin muestra	85
FOTOGRAFIA 26: Llenando el recipiente con el agregado fino	86
FOTOGRAFIA 27: Eliminando el exceso de agregado	86
FOTOGRAFIA 28: Pesado del recipiente más la muestra sin compactar	87

FOTOGRAFIA 29: Pesado del recipiente sin muestra	87
FOTOGRAFIA 30: Llenando el recipiente con el agregado fino	88
FOTOGRAFIA 31: Apasionando el agregado con la varilla compactadora (25 golpes)	88
FOTOGRAFIA 32: Apisonando el agregado con la varilla compactadora (25 golpes)	89
FOTOGRAFIA 33: Enrazando el recipiente o Eliminando el exceso de agregado	89
FOTOGRAFIA 34: Pesado del recipiente más la muestra compactada.....	90
FOTOGRAFIA 35:/ Recipiente, barra compactadora y balanza.....	91
FOTOGRAFIA 36 : Primera etapa de compactación (25 golpes).....	91
FOTOGRAFIA 37: Segunda etapa de compactación (25 golpes).....	92
FOTOGRAFIA 38: Tercera etapa de compactación (25 golpes).....	92
FOTOGRAFIA 39: Enrazado del agregado grueso.....	92
FOTOGRAFIA 40: Peso del agregado compactado	93
FOTOGRAFIA 41: Agregado grueso en el ensayo de peso unitario suelto	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ubicación de los Puntos Tomados en la Inspección	8
Tabla 2: Clases de mezclas según su asentamiento	18
Tabla 3: Contenido de óxidos, en porcentajes	23
Tabla 4: Compuestos Secundarios.	24
Tabla 5: Requisitos granulométricos para el agregado grueso	31
Tabla 6: Requisitos granulométricos para el agregado fino	32
Tabla 7: Porcentajes máximos de sustancia dañina	32
Tabla 8: Porcentajes máximos de sustancia dañina	33
Tabla 9: Aplicación propuesta en la investigación.....	38
Tabla 10: Aplicación propuesta en la investigación.....	41
Tabla 11: Granulometría Arena Gruesa de rio Ichu	43
Tabla 12: Granulometría Relave de Mina	44
Tabla 13 Granulometría Relave de Mina 50% + Arena Gruesa 50%.....	45
Tabla 14 Granulometría Piedra Chancada.....	46
Tabla 15 Aplicación propuesta en la investigación.....	50
Tabla 16 Determinación de la resistencia promedio	51
Tabla 17 Selección del asentamiento	51
Tabla 18: Operacionalización de las variables.....	59

ÍNDICE DE GRAFÍCOS

Gráfico 1: Presencia expandida de relaves mineros.....	8
--	---

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1: Ruta a la mina Pacococha.....	26
Mapa 2: Laguna de Pacococha.....	26

LISTA DE ANEXOS

Anexo 01: Panel Fotográfico

Anexo 02: Otros

RESUMEN

La alternativa de “DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $F'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ ADICIONANDO RELAVE MINERO PARA TRÁNSITO LIGERO RELAVERA PACOCOCHA-P VIRREYNA-CASTROVIRREYNA-HUANCAVELICA”, nace del pensamiento en el actual contexto, de generar concreto de $F'c=175\text{kg/cm}^2$, donde se optimicé el costo económico de producción y a través de ello, la ejecución de elementos estructurales de bajo tránsito (pistas, veredas, falsos pisos, losas deportivas, mortero para tarrajeo y asentamiento de ladrillo, etc.)

Nuestra investigación nos lleva al estudio de diseño de mezcla aplicado, adicionando el relave minero, por tanto **optimiza el uso del agregado fino (arena gruesa) en un porcentaje de 50 %** que equivale a S/. 19.5 nuevos soles, por metro cubico de concreto. Se evaluó la resistencia a compresión a 7, 14, y 28 días, para la muestra de resultados.

El resultado de este proceso es la optimización del agregado fino (arena gruesa), con esta adición del material arriba mencionado, en un porcentaje de 50 %, de acuerdo al módulo de fineza que contiene. Este tipo de elaboración de concreto comúnmente no se ha experimentado, sin embargo **los resultados del estudio que se realizaron, proporcionan buena conducta a la aplicación de la fuerzas de compresión, manteniendo el intervalo de 10% por encima y 10% debajo de la resistencia promedio que se debe diseñar la mezcla de concreto.**

En un **primer diseño** de mezcla para concreto de 175 Kg/cm^2 , se elabora utilizando los materiales como: **cemento, agregado fino (arena gruesa), agregado grueso (piedra chancada) y agua**, para obtener muestras de concreto, de acuerdo a sus respectivas presentaciones en peso y volumen. Identificando como concreto estándar.

En un **segundo diseño** de mezcla para concreto de 175 Kg/cm^2 , se elabora utilizando los materiales como: **cemento, agregado fino (arena gruesa + relave minero), agregado grueso (piedra chancada) y agua**, para obtener muestras de concreto, de acuerdo a sus respectivas presentaciones en peso y volumen. Identificando como diseño de mezcla adicionando relave minero.

PALABRA CLAVE

- Cemento
- Agua
- Agregado fino
- Relave minero
- Agregado grueso

INTRODUCCION

Debido a que la industria minera genera gran cantidad de relaves, y necesita mucho espacio para su disposición y almacenaje, sería de mucha utilidad encontrar una tecnología, para poder reutilizar el relave minero sin afectar con su uso al medio ambiente, así podría generar menos contaminación, mayor tiempo de vida útil de los depósitos de relave; y menores costos en las operaciones mineras en general.

Los relaves son los residuos resultantes del proceso de recuperación selectivo de ciertos minerales. Una vez que las rocas con contenido mineral han sido chancadas y molidas, éstas pasan a través de un conjunto de procesos físicos y químicos conocidos como concentración o beneficio, para recuperar dichos elementos minerales útiles para la industria y el hombre. Una vez finalizado el mismo, se obtiene el componente con valor que es el concentrado y por otro lado lo que queda es el relave.

El relave está compuesto por material sólido de tamaño muy pequeño, incluso menor al de la arena, y agua formando un compuesto similar al lodo. Tiene características especiales dependiendo del tipo de mineral que involucre su proceso productivo. Estas características serán las que indiquen el método mediante el cual se deben tratar y su posterior almacenamiento. Como el relave es un material que ha pasado por procesos químicos y tienen contenido de agua, es importante que sea sometido a un tratamiento especial que permita recuperar su contenido de agua, la cual por lo general es reutilizada para el proceso productivo de la operación minera.

Luego del procesamiento adecuado que reduce el contenido de agua y estabiliza el contenido químico existente en la mezcla, el relave es depositado en lo que se conoce como canchas de relave, las cuales tienen en su fondo capas compactadas de material de permeabilidad muy baja y capas de geomembrana, con la finalidad de evitar el contacto de los relaves con el suelo o el agua.

Los relaves reciben un tratamiento continuo para que, una vez que la mina finaliza sus operaciones, puedan reposar en la zona donde fueron ubicados sin alterar el ambiente, siendo incluso revegetados.

CAPITULO I EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante muchas décadas, se viene trabajando con dosificaciones de concreto, para diferentes factores de resistencia, empleando materiales como: **agregado, cemento, agua y aditivo si fuera el caso**. Destinados en la industria de la construcción, generando altos costos en la producción de los mismos, debido que forma parte elemental, en la materialización de infraestructuras, según tipo de uso y composición.

En estos últimos tiempos se han venido planteando formas de elaborar concreto adicionando diferentes productos, sobre todo procedentes del reciclaje, ya que resulta ser económico trabajar con dichos materiales, aplicados en la industria de la construcción.

Es la razón, por la que se plantea el uso del relave minero, en el diseño de concreto de 175 Kg/cm^2 , adicionando relave minero, para tránsito ligero (pistas, veredas, falsos pisos, etc.), **siendo el material ideal para este propósito.**

El impacto en costos tanto económicos como sociales del manejo de estos materiales, cobra tal importancia que cualquier alternativa que permita reciclar o reutilizar el relave minero sin afectar al medio ambiente.

Los pobladores beneficiados del distrito de Castrovirreyna, específicamente lugares aledaños al área de influencia del proyecto, podrán utilizar el relave minero en dosificaciones de concreto, en sus diferentes infraestructuras que planteen, destinados para tránsito ligero (pistas, veredas, falsos pisos, etc.).

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Con el presente proyecto de investigación nos proponemos estudiar y analizar la dosificación de mezcla, en el diseño de concreto $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, añadiendo relave minero, para tránsito ligero.

De manera que este análisis como situación problemática amerita ser atendida a través del estudio in situ, por el cual la investigación tiene como objetivo responder la siguiente interrogante:

1.2.1 PROBLEMA GENERAL:

- ✓ ¿Cuál será la dosificación de mezcla, en el diseño de concreto $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, añadiendo relave minero, para tránsito ligero (pistas, veredas, falsos pisos, etc.), relavera Pacococha - P. Virreyña - Castrovirreyña - Huancavelica?

1.2.2 PROBLEMA ESPECIFICO:

- ✓ ¿Cuál es el modo de agregar el relave minero, en el diseño de concreto $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, añadiendo relave minero, para tránsito ligero (pistas, veredas, falsos pisos, etc.), relavera Pacococha - P. Virreyña - Castrovirreyña - Huancavelica?
- ✓ ¿Cuál es la capacidad de resistencia a la compresión, del concreto $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, añadiendo relave minero, para tránsito ligero (pistas, veredas, falsos pisos, etc.), relavera Pacococha - P. Virreyña - Castrovirreyña - Huancavelica?
- ✓ ¿Cuál es la influencia del uso de relave minero, en el diseño de concreto $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, añadiendo relave minero, para tránsito ligero (pistas, veredas, falsos pisos, etc.), relavera Pacococha - P. Virreyña - Castrovirreyña - Huancavelica?
- ✓ ¿Cuál es la composición química y física del relave minero a utilizar, en el diseño de concreto $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, añadiendo relave minero, para tránsito ligero (pistas, veredas, falsos pisos,

etc.), relavera Pacococha - P. Virreyna - Castrovirreyna - Huancavelica?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVOS GENERALES:

- ✓ ¿Diseñar la dosificación de mezcla, para el concreto $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, añadiendo relave minero, para tránsito ligero (pistas, veredas, falsos pisos, etc.), relavera Pacococha - P. Virreyna - Castrovirreyna - Huancavelica?

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✓ ¿Determinar el modo de agregar el relave minero, en el diseño de concreto $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, añadiendo relave minero, para tránsito ligero (pistas, veredas, falsos pisos, etc.), relavera Pacococha - P. Virreyna - Castrovirreyna – Huancavelica?
- ✓ ¿Determinar la capacidad de resistencia a la compresión, del concreto $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, añadiendo relave minero, para tránsito ligero (pistas, veredas, falsos pisos, etc.), relavera Pacococha - P. Virreyna - Castrovirreyna – Huancavelica?
- ✓ ¿Determinar la influencia del uso de relave minero, en el diseño de concreto $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, añadiendo relave minero, para tránsito ligero (pistas, veredas, falsos pisos, etc.), relavera Pacococha - P. Virreyna - Castrovirreyna – Huancavelica?
- ✓ ¿Determinar composición química y física del relave minero a utilizar, en el diseño de concreto $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, añadiendo relave minero, para tránsito ligero (pistas, veredas, falsos pisos, etc.), relavera Pacococha - P. Virreyna - Castrovirreyna – Huancavelica?

1.4 JUSTIFICACIÓN

1.4.1 CIENTÍFICA:

El presente trabajo de investigación se justifica, porque nos permitirá conocer la calidad de los relaves para uso en construcción, generando así alternativas de uso del mismo, minimizando su volumen por exceso de su deposición y control de Medio Ambiente.

Tomando en cuenta lo anterior, el presente estudio propone incorporar relave minero en mezclas de concreto, con objetivos específicos de reciclar relave minero y encontrarle usos sostenibles en las poblaciones cercanas a las operaciones mineras.

Los ensayos realizados en el presente estudio contemplan: ensayos a los materiales involucrados (agregados, cemento y relaves), ensayos al concreto en estado fresco y ensayos al concreto en estado endurecido. Siendo los principales y más importantes los ensayos de resistencia a la compresión (ASTM C39), y el ensayo de consistencia slump ASTM C143, los cuales servirán como fuente de información para los futuros trabajos productivos en la sociedad.

1.4.2 SOCIAL:

La minería es uno de los sectores más importantes de la economía peruana, como tal su producción incrementa o disminuye de acuerdo a la demanda del mercado. Sin embargo en base a esta producción también produce el desecho minero, llamado relave, cuyo uso casi no se propicia. Dado que no se identificó los posibles usos que pudieran tener ello.

Hasta la actualidad, la gran mayoría de centros mineros, han dado tratamiento al relave minero, en forma de almacenamiento entre presas u otras, expuestas al medio ambiente.

Por ello, el conocimiento de incorporar material “relave minero” en la construcción de infraestructuras con concreto a $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ para tránsito ligero. Daría mayor alcance al uso del mismo y equilibrar el impacto ambiental que ocasiona.

1.4.3 ECONOMICO:

En estos últimos años del siglo XXI, las construcciones de infraestructuras con diferentes tipos de concreto, se han enfatizado con prioridad, para la mejora de las condiciones de vida de los pobladores, sea por entidades estatales y/o por privadas. En el marco del desarrollo urbano – rural. Que a su vez genera enormes costos de producción a través del empleo de cemento – agregados, en un diseño de mezcla.

Por tal situación, en el presente proyecto se plantea la adición del “relave minero”, el cual optimizara el uso del agregado fino (arena gruesa). Generando así un ahorro económico.

1.5 RELEVANCIA

Mediante el presente proyecto, se busca dar solución a la problemática ambiental y económica minera de las relaveras de gran volumen, tal como el depósito “Relavera Pacococha - P.Virreyna”, que está ubicada en el Distrito de Castrovirreyna, Provincia de Castrovirreyna y Departamento de Huancavelica, tiene una longitud de 600 m. por un ancho de 100 m. y una altura de 40 m. cuyo volumen asciende a 2'400,000 m³ y un tonelaje aproximado de 7'200,000 Tn, es por ello que la “Relavera Pacococha - P.Virreyna”, constituye un depósito minero, desde que la Ex unidad minera "Relavera Pacococha-P. Virreyna", inició operaciones en 1985, hasta la actualidad, puesto que la relavera tiene 30 años de existencia.

Es en ese sentido, es importante promover la reutilización del relave del depósito minero o mitigar hasta reducir el volumen de la "Relavera Pacococha - P. Virreyna".

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION

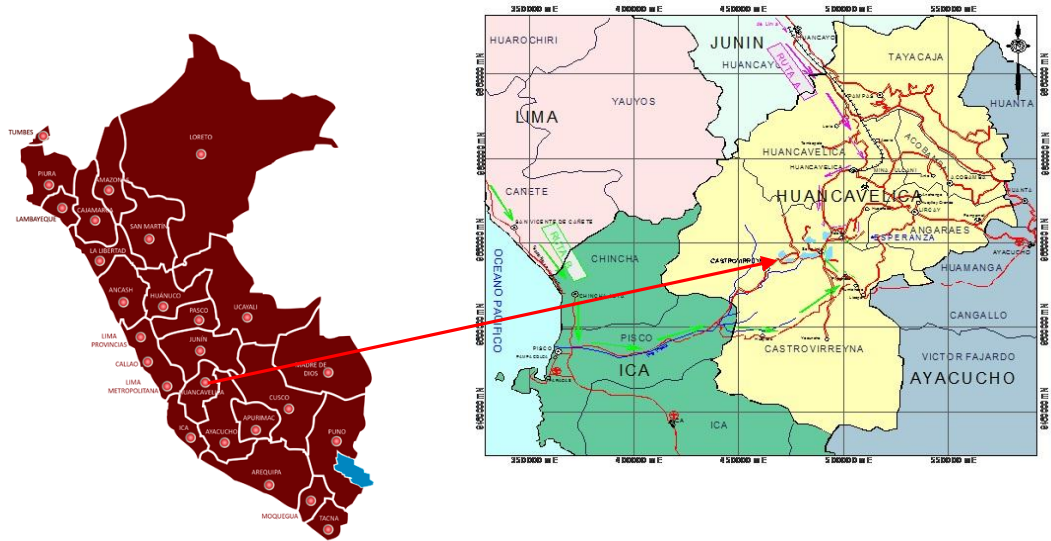
- ✓ Para obtener las muestras de relave minero se solicitó la autorización de los jefes de turno de la planta relavera. La respuesta a la solicitud sobre la adquisición de la muestra del “relave minero”, se demoró 15 días hábiles.
- ✓ Los resultados del Análisis Químico de las muestras de relave minero, se prorrogaron más de lo previsto.
- ✓ Poca información o antecedentes relacionados al presente trabajo de investigación.

1.7 LIMITE ESPACIAL

1.7.1 UBICACIÓN:

Región	:	Huancavelica
Departamento	:	Huancavelica
Provincia	:	Castrovirreyna
Distrito	:	Castrovirreyna
Latitud	:	13°13'19.70"S
Longitud	:	75°16'8.68"O
Elevación	:	4455 m

Mapa 1: Ruta a la mina Pacocoche



Mapa 2: Laguna de Pacocoche.

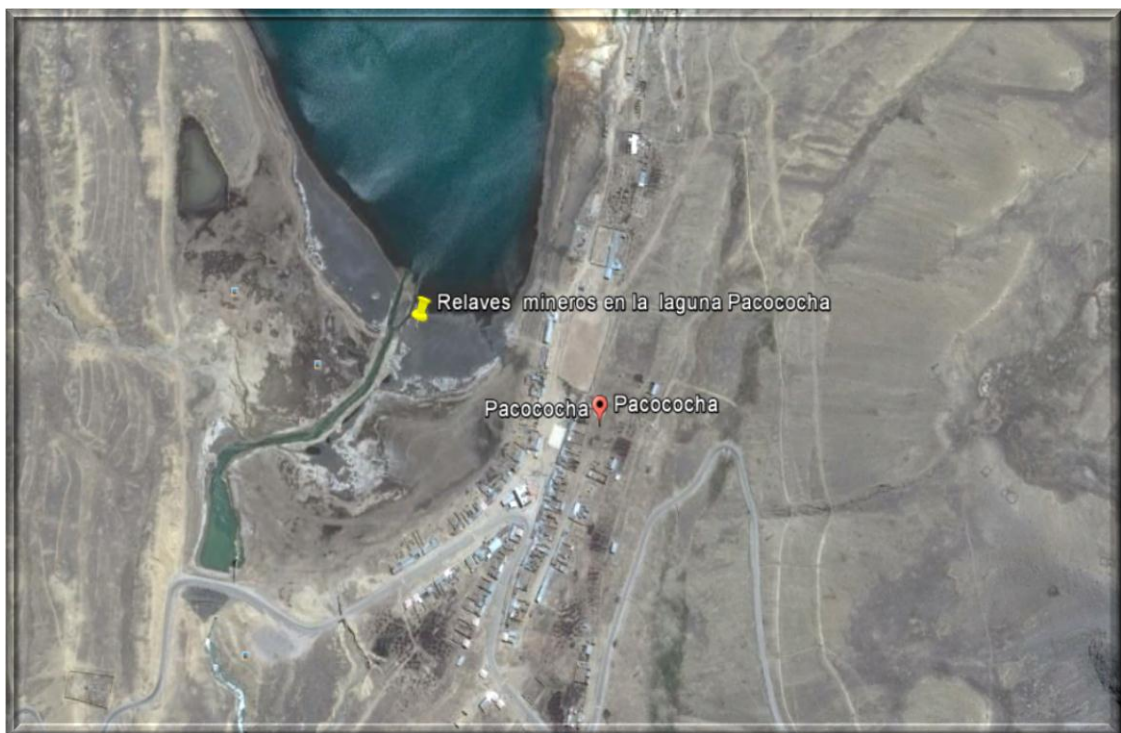


Gráfico 1: Presencia expandida de relaves mineros



Tabla 1: Ubicación de los Puntos Tomados en la Inspección

PUNTO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM PSAD56		COTA m.s.n.m.	CAUDAL L/s	pH
		ESTE	NORTE			
1	QUEBRADA CALLEJÓN	471 530	8 541 454	4,443	7	7,62
2	QUEBRADA UCHUPUTO	470 805	8 541 339	4,433	3	7,58
3	QUEBRADA LAGUNA LA VIRREYNA	473 301	8 540 334	4,492	7	7,29

1.8 LIMITES TEMPORALES

La investigación tendrá vigencia en yacimientos con mineralizaciones similares o parecidas de acuerdo al criterio de los expertos.

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Una de las tareas más importantes de los proyectistas es asegurar la resistencia y durabilidad de un concreto con resistencia requerida cualesquiera, de acuerdo al tipo de uso en infraestructuras.

Estas razones originan que las Instituciones dedicadas a proyectos y a la elaboración de tipos de concreto, sea necesario incrementar de información completa sobre la disponibilidad y las características importantes del uso de materiales terceros en el diseño de mezcla.

2.1.1 A NIVEL INTERNACIONAL

**REVISTA MINERIA CHILENA ¿EL FIN DE LOS RELAVES?,
Publicado el 5 De Diciembre Del 2012, LLEGA ALAS SIGUIENTES
CONCLUSIONES.**

Plantean derechamente reutilizar este pasivo minero como materia prima para la fabricación de elementos de construcción, ya que de esta forma se reducirían los costos, los niveles de contaminación e incrementaría el tiempo de servicio de los depósitos de relaves.

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav) de México proponen la elaboración de cementos alternativos, cuyas propiedades mecánicas y durabilidad química sean superiores a las del cemento Portland.

Se busca que su proceso de fabricación genere menos dióxido de carbono que el cemento convencional, a través del uso de desechos como

las cenizas que producen las plantas termoeléctricas y los relaves mineros.

2.1.2 A NIVEL NACIONAL

Gerson Alfredo Anicama Acosta. ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL EMPLEO DE MATERIALES Tesis para optar el Título de Ing. Civil, que presenta el bachiller: DE DESECHO DE PROCESOS MINEROS EN APLICACIONES PRÁCTICAS CON PRODUCTOS CEMENTICIOS; 2010, la investigación ha llegado a las siguientes conclusiones.

Los relaves en las proporciones trabajadas no hacen variar significativamente el slump del concreto.

El concreto elaborado con el relave Andaychagua al 10% de reemplazo, presenta características de resistencia bastante cercanas a las del patrón. Con un diseño con 2% de reemplazo de cemento por dicho relave, la resistencia a compresión no se verá afectada. Es decir, para un concreto convencional de 210Kg/cm², se podría reciclar relave minero en el orden de 5.10 Kg/m³. Lo cual equivale a un ahorro de aproximadamente 0.70\$/m³.

Los relaves en las proporciones trabajadas no incorporan contenido de aire significativo a las mezclas de concreto.

2.1.3 A NIVEL LOCALES

García Ramos, Daniel A. Revista de Seguridad Minera del Instituto de Seguridad Minera ISEM. Escribió el artículo publicado en la Revista de Seguridad Minera del ISEM N°67, publicado en Octubre del 2008, titulado "Manejo responsable de relave impulsa agricultura, reforestación y apicultura". Ha llegado a las siguientes conclusiones.

Las características del relave permiten ser utilizado como un mejorador catiónico de los suelos ácidos, incrementar su productividad y

la recuperación de suelos degradados producto de la tala indiscriminada para su posterior reforestación.

Constituye como una materia prima para la obtención de óxido de calcio y óxido de magnesio, para la fabricación de fertilizantes.

Buscar su aplicación como material agregado en la construcción civil para la fabricación de ladrillos, losetas y baldosas ornamentales, material para tarrajear paredes y obras de acabados en construcción civil.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 INTRODUCCION

El concreto hidráulico es un compuesto que resulta de la mezcla de material cementante, agregado fino, agregado grueso, aire, agua y eventualmente aditivo, que al fraguar y endurecer adquieren propiedades similares a las de las rocas naturales más resistentes. Cuando se utiliza el concreto en las construcciones, éste tiene que ser diseñado y elaborado bajo un estricto control de calidad, conforme a parámetros de las normas NTP o ASTM y los Comités ACI.

En nuestro país el método de diseño de mezclas de concreto más utilizado es el ACI 211.1 que describe procedimientos para la dosificación de concreto de peso normal, donde utiliza las características de cada uno de los elementos que conforman el concreto para establecer una dosificación inicial que debe verificarse y ajustarse hasta lograr las propiedades deseadas en el concreto.

Es por esto que en este capítulo, se abordan los principales temas sobre el concreto, como son: cada uno de los componentes de la mezcla y sus características, el comportamiento en estado fresco del concreto, las etapas de fraguado, las propiedades del concreto en estado endurecido y finalmente se hace una descripción del método ACI 211.1 para el diseño de mezclas de concreto.

2.2.2 DEFINICION DE CONCRETO

El concreto convencional es una mezcla compuesta por cemento portland, agregado fino, agregado grueso, aire, agua y eventualmente aditivos, en proporciones adecuadas, inicialmente muestra una estructura plástica y moldeable para posteriormente adquirir una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes convirtiéndolo en un material adecuado para la construcción.

CONCRETO = CEMENTO PORTLAND + AGREGADOS + AIRE + AGUA

2.2.2.1 CLASIFICACION GENERAL DEL CONCRETO

Por su resistencia:

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

2.2.2.2 REQUISITOS DEL CONCRETO

Requisitos del concreto endurecido:

- a. Que sus elementos constituyentes cumplan con las Normas NTPP o ASTM correspondiente y estén distribuidos uniformemente en la mezcla.
- b. Que tenga las propiedades requeridas, tanto al estado no endurecido como al endurecido.
- c. Que sea impermeable al agua u otros líquidos, y resistente a las acciones del clima, al desgaste y a otros agentes destructores a los cuales puedan estar expuesto.
- d. Que no tengan contracción excesiva al enfriarse o secarse.

- e. Que tenga alta resistencia a la abrasión o a productos químico a agresivos.

2.2.2.3 NATURALEZA DEL CONCRETO

La mezcla íntima de los componentes del concreto produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad, pero gradualmente pierde esta característica y al cabo de algunas horas se toma rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido.

La representación común del concreto al estado fresco lo identifica como un conjunto de agregados, dispersos en una matriz viscosa constituida por una pasta de cemento de consistencia plástica. Ello significa que en este tipo de mezcla hay muy poco o ningún contacto entre las partículas de los agregados, característica que tiende a permanecer en el concreto ya endurecido.

Consecuentemente con ello, el comportamiento mecánico del concreto y su durabilidad en servicio dependen de tres aspectos básicos:

- a. Las características, composición y propiedades de la pasta de cemento.
- b. La calidad de los agregados en el sentido más amplio (dureza, granulometría, perfil, textura superficial, módulo de finura, limpieza, etc.)
- c. La afinidad de la pasta con los agregados y su capacidad para trabajar en conjunto.

Para asegurar la calidad de la pasta se debe seleccionar un cemento apropiado, el empleo de una relación agua cementante – conveniente.

En cuanto a la calidad de los agregados es conveniente adecuarla a las funciones que debe desempeñar la estructura, a fin de que no presenten el punto débil en el comportamiento del concreto y en su capacidad de resistir adecuadamente y por lo largo tiempo los efectos consecuentes de las condiciones de exposición y servicio a que está sometida.

Finalmente la compatibilidad del conjunto de la pasta con el agregado, depende de diversos factores tales como las características físicas y químicas del cemento, la composición petrográfica y mineralógica de las rocas que constituyen los agregados y las características de estos. De la esmerada atención a estos aspectos básicos, depende sustancialmente la capacidad potencial del concreto, como material de construcción, para responder adecuadamente a las acciones resultantes de las condiciones en que debe prestar servicio.

Pero esto, que solo representa la previsión de emplear el material adecuado, no basta para obtener estructuras resistentes y durables, pues requiere conjugarse con el cumplimiento de previsiones ente eficaces en cuanto al diseño, especificación, construcción y mantenimiento de las propias estructuras.

2.2.2.4 MATERIALES COMPONENTES DEL CONCRETO

2.2.2.1.1 LIGANTES

- Cemento
- Agua

2.2.2.1.2 AGREGADOS

- Agregado fino: Arena gruesa, “relave minero”.
- Agregado grueso: Piedra chancada (Grava)

2.2.2.5 PROPIEDADES DEL CONCRETO

2.2.2.5.1 EN ESTADO FRESCO

2.2.2.5.1.1 Trabajabilidad

Es la facilidad que tiene el concreto para ser mezclado, manipulado y puesto en obra. La trabajabilidad depende de:

- Dimensiones del elemento.
- Secciones armadas.
- Medios de puesta en obra.

Habrá una mayor trabajabilidad cuando:

Contenga más agua.

Más finos

Agregados redondeados.

Más cemento.



Repercute en la resistencia (Baja).

2.2.2.5.2 Consistencia.

Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada. La consistencia depende:

- Agua de amasado.
- Tamaño máximo del agregado.
- Granulometría.
- Forma de los agregados influye mucho el método de compactación.

Ensayo de consistencia del concreto

El cono de Abrams es el ensayo que se realiza al concreto fresco, define la **consistencia** de la mezcla por el **asentamiento**, medido en **pulgadas o milímetros**.

El ensayo consiste en rellenar un molde metálico troncocónico de dimensiones normalizadas, en tres capas apisonadas con 25 golpes, cuyo procedimiento no deben transcurrir más de 2 minutos de los cuales el proceso de desmolde no toma más de cinco segundos, lleno y enrasado el molde se levanta cuidadosamente en dirección vertical.

El concreto moldeado fresco se asentará, la diferencia de altura del molde y la altura de la mezcla de denomina slump.

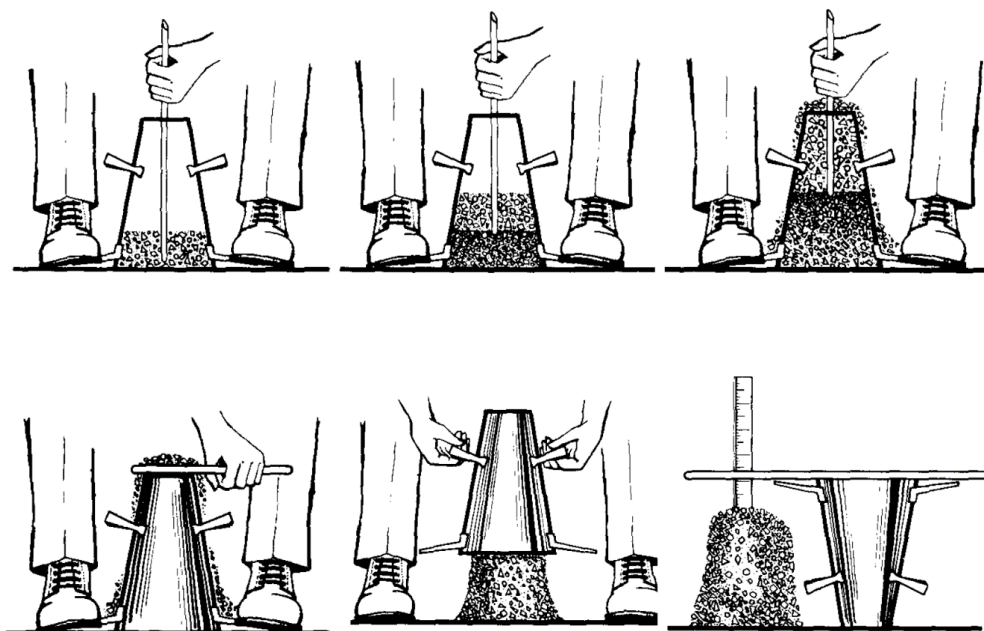


Tabla 2: Clases de mezclas según su asentamiento

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
Seca	1" a 2" (25mm a 50mm)
Plástica	3" a 4" (75mm a 100mm)
Fluida	6" a 7" (150mm a 175mm)

2.2.2.5.3 EN ESTADO ENDURECIDO

2.2.2.5.3.1 IMPERMEABILIDAD

El concreto es un sistema poroso y nunca va a ser totalmente impermeable. Se entiende por permeabilidad como la capacidad que tiene un material de dejar pasar a través de sus poros un fluido. La permeabilidad depende de:

- Finura del cemento.
- Cantidad de agua.
- Compacidad.

2.2.2.5.3.2 DURABILIDAD

Depende de los agentes agresivos, que pueden ser mecánicos, químicos o físicos. Los que más influyen negativamente son:

- Sales.
- Calor.
- Agente contaminante.
- Humedad.

2.2.2.5.3.3 RESISTENCIA A COMPRESION

La resistencia a la compresión del concreto normalmente se la cuantifica a los 28 días de vaciado el concreto, aunque en estructuras especiales como túneles y presas, o cuando se emplean cementos especiales, pueden especificarse tiempos menores o mayores a 28 días.

La resistencia del concreto se determina en muestras cilíndricas estandarizadas de 15 cm de diámetro y 30 cm. de altura, llevadas hasta la rotura mediante cargas incrementales relativamente rápidas.

2.2.2.6 TIPO DE CONCRETO A UTILIZAR EN EL ESTUDIO

2.2.2.6.1 CONCRETO SIMPLE

Es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento, el agregado fino deberá rellenar los espacios entre el

CEMENTO + A. FINO + A. GRUESO + AGUA = CONCRETO SIMPLE

agregado grueso y a la vez estar recubierto por la misma pasta.

2.2.3 CEMENTO PORTLAND NORMAL

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

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009; o con la norma ASTM C 150, el cemento Pórtland normal Tipo I es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir:

$$\text{Cemento Pórtland} = \text{Clinker Pórtland} + \text{Yeso}$$

El cemento Pórtland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad.

Se considerara que la bolsa de cemento tiene un pie cubico de capacidad y un peso de 42,5 Kg. En aquellos casos en que no se conozca el valor real se considerara un **peso específico de 3,15 gr/cm³**

2.2.3.1 FABRICACION DEL CEMENTO

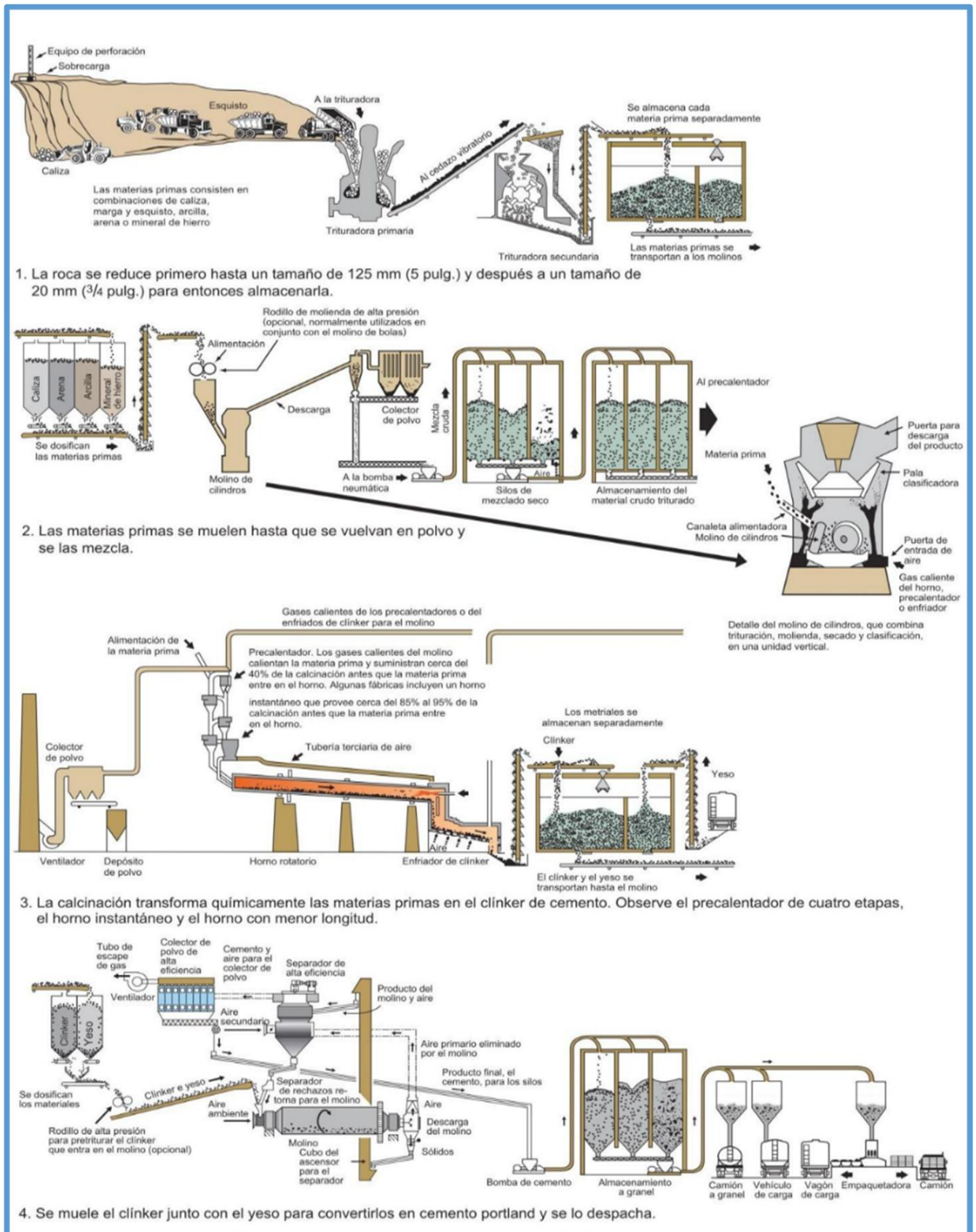
El cemento Portland se produce por la pulverización del clínter, el cual consiste principalmente en silicatos de calcio hidráulicos. El Clinker contiene algunos aluminatos de calcio y

ferroaluminatos de calcio y una o más formas de sulfato de calcio (yeso), que se muelen conjuntamente con el Clinker para la fabricación del producto final.

Los materiales usados para la producción del cemento Portland deben contener cantidades apropiadas de los compuestos de calcio, sílice, alúmina y hierro.

Durante la fabricación, se hace análisis químico frecuente de todos los materiales para garantizarse una calidad alta y uniforme del cemento.

Las materias primas (caliza, marga y hematita) se transportan de la cantera, se trituran, se muelen y se dosifican de tal manera que la harina resultante tenga la composición deseada. La harina cruda es generalmente una mezcla de material calcáreo (carbonato de calcio), tal como la caliza y material arcilloso (sílice y alúmina), tal como arcilla, pizarra (esquistos) o escoria de alto horno. El cemento se fabrica tanto por vía seca como por vía húmeda. En el proceso de vía seca, las operaciones de molienda y mezcla se efectúan con los materiales secos (Ver Mapa 3), y en el proceso vía húmeda los materiales se mezclan con agua en la forma de lechada.



FOTOGRAFIA 1: Etapas en la producción del cemento Portland, a través del proceso seco.

2.2.3.2 COMPOSICION QUIMICA

a. Componentes Químicos

Los componentes químicos del cemento Pórtland se expresan por el contenido de óxidos, en porcentajes. Los principales óxidos son: la cal, sílice, alúmina y el óxido férrico, siendo el total de éstos del 95% al 97%. En pequeñas cantidades también se presentan otros óxidos: la magnesia, el anhídrido sulfúrico, los álcalis y otros de menor importancia. Así tenemos:

Tabla 3: Contenido de óxidos, en porcentajes

Oxido Componente	Porcentaje Típico	Abreviatura
<i>CaO</i>	58% – 67%	<i>C</i>
<i>SiO₂</i>	16% – 26%	<i>S</i>
<i>Al₂O₃</i>	4% – 8%	<i>A</i>
<i>Fe₂O₃</i>	2% – 5%	<i>F</i>
<i>SO₃</i>	0.1% – 2.5%	
<i>MgO</i>	1% – 5%	
<i>K₂O y Na₂O</i>	0% – 1%	
<i>Mn₂O₃</i>	0% – 3%	
<i>TiO₂</i>	0% – 0.5%	
<i>P₂O₅</i>	0% – 1.5%	
Pérdida x Calcinación	0.5% – 3%	

b. Compuestos Químicos

Durante la calcinación en la fabricación del Clinker de cemento Pórtland los óxidos se combinan con los componentes ácidos de la materia prima entre si dando lugar a cuatro importantes compuestos. Los principales compuestos que constituyen aproximadamente el 90-95% del cemento, también se

presentan en menores cantidades, otros compuestos secundarios.

Tabla 4: Compuestos Secundarios.

Designación	Fórmula	Abreviatura	Porcentaje
Silicato tricálcico	$3CaO \cdot OSi_2$	C_3S	30% a 50%
Silicato dicálcico	$2CaO \cdot SiO_2$	C_2S	15% a 30%
Aluminato tricálcico	$3CaO \cdot Al_2O_3$	C_3A	4% a 12%
Ferro aluminato tetracálcico	$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$	C_4AF	8% a 13%
Cal libre	CaO		
Pérdida x Calcinació	MgO		

2.2.3.3 PROPIEDADES DEL CEMENTO

a. Finura o Fineza

Referida al grado de molienda del polvo, se expresa por la superficie específica, en m^2/kg . En el laboratorio existen 2 ensayos para determinarlo.

- Permeabilímetro de Blaine
- Turbidímetro de Wagner

Importancia: A mayor finura, crece la resistencia, pero aumenta el calor de hidratación y cambios de volumen. A mayor finura del cemento mayor rapidez de hidratación del cemento y mayor desarrollo de resistencia.

Ejemplo:

Tipo de cemento	Finura Blaine m ² / kg
I	370

b. Peso Específico

Referido al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en gr/cm³. En el laboratorio se determina por medio de:

- Ensayo del Frasco de Le Chatelier (NTP 334.005)

Importancia: Se usa para los cálculos en el diseño de mezclas

Los pesos específicos de los cementos Pórtland son de aproximadamente **3.15**

c. Tiempo de Fraguado

Es el tiempo entre el mezclado (agua con cemento) y la solidificación de la pasta. Se expresa en minutos. Se presenta como: El tiempo de Fraguado Inicial y El tiempo de Fraguado Final.

En el laboratorio existen 2 métodos para calcularlo

- Agujas de Vicat : NTP 334.006 (97)
- Agujas de Gillmore : NTP 334.056 (97)

Importancia: Fija la puesta correcta en obra y endurecimiento de los concretos y morteros.

d. Estabilidad de Volumen

Representa la verificación de los cambios volumétricos por presencia de agentes expansivos, se expresa en %. En el laboratorio se determina mediante:

- Ensayo en Autoclave : NTP 334.004 (99)

e. Resistencia a la Compresión

Mide la capacidad mecánica del cemento a soportar una fuerza externa de compresión. Es una de las más importantes propiedades, se expresa en Kg/cm². En el laboratorio se determina mediante:

- Ensayo de compresión en probetas cúbicas de 5 cm de lado (con mortero cemento-arena normalizada): NTP 334. 051 (98)

Se prueba a diferentes edades: 1, 3, 7, 28 días.

Importancia: Propiedad que decide la calidad de los cementos

f. Contenido de aire

Mide la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla (mortero), se expresa en % del volumen total. En el laboratorio se determina mediante:

- Pesos y volúmenes absolutos de mortero C-A en molde cilíndrico estándar: NTP 334.048

Importancia: Concretos con aire atrapado disminuye la resistencia (5% por cada 1 %)

g. Calor de Hidratación

Es el calor que se genera por la reacción (agua + cemento) exotérmica de la hidratación del cemento, se expresa en cal/gr. y depende principalmente del C3A y el C3S. En laboratorio se determina mediante:

- Ensayo del Calorímetro de Langavant o el de la Botella Aislante. Se emplea morteros estándar: NTP 334.064

2.2.3.4 TIPO DE CEMENTO A UTILIZAR

a. Cementos Pórtland Tipo I

Constituidos por Clinker Pórtland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Aquí tenemos según las Normas Técnicas:

- *Tipo I:* Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.

2.2.4 CANTERA

Una cantera es el lugar geográfico de donde se extraen o explotan agregados pétreos para la industria de la construcción o para toda obra civil, utilizando diferentes procesos de extracción dependiendo del tipo y origen de los materiales, donde la extracción se realiza con maquinaria en lechos de ríos, hasta utilizar explosivos en las laderas de los cerros.

2.2.5 AGREGADOS

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011.

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto.

Los agregados en el concreto ocupan alrededor de las tres cuartas partes del volumen, de ahí la justificación para su adecuada selección, además que agregados débiles podrían limitar la resistencia del concreto por otro parte son estos elemento los que proporcionan una estabilidad volumétrica al concreto y durabilidad.

2.2.5.1 TAMAÑO MÁXIMO

Corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado.

2.2.5.2 TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO

Corresponde al menor tamiz en el cual se produce el primer retenido.

	TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA
	(Pulg)	(mm)			
Tamaño Máximo	2 1/2"	63	-		
	2"	50	0.0	0.0	100.0
Tamaño Nominal máximo	1 1/2"	37.5	0.0	0.0	100.0
	1"	25	8.4	8.4	91.6
	3/4"	19	19.5	27.9	72.1
	1/2"	12.5	30.5	58.4	41.6
	3/8"	9.5	18.1	76.4	23.6
	N°4	4.75	23.6	100.0	0.0
	N°8	2.38	0.0	100.0	0.0
N°16	1.19	0.0	100.0	0.0	
FONDO	0.075	0.0	100.0	0.0	

2.2.5.3 MÓDULO DE FINEZA

Criterio Establecido en 1925 por Duff Abrams a partir de las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio del material utilizando la siguiente expresión:

$$M = \frac{\sum \% \text{ Acumulados Retenidos}(1\ 1/2",\ 3/4",\ 3/8",\ N^{\circ}4,\ N^{\circ}8,\ N^{\circ}16,\ N^{\circ}30,\ N^{\circ}50\ y\ N^{\circ}100)}{100}$$

2.2.5.4 CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS

2.2.5.4.1 Por su naturaleza

a. El agregado fino

Se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.

b. El agregado grueso

Es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

2.2.5.4.2 Por su densidad

Se pueden clasificar en agregados de peso específico normal comprendidos entre 2.50 a 2.75, ligeros con pesos específicos menores a 2.5, y agregados cuyos pesos específicos son mayores a 2.75.

2.2.5.4.3 Por el Tamaño del Agregado

Según su tamaño, los agregados para concreto son clasificados en:

- Agregados finos (arenas)
- Agregados gruesos (piedras).

2.2.5.5 FUNCIONES DEL AGREGADO

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

- a. Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.
- b. Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- c. Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

Los agregados finos son comúnmente identificados por un número denominado Módulo de finura, que en general es más pequeño a medida que el agregado es más fino. La función de los agregados en el concreto es la de crear un esqueleto rígido y estable lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta). Cuando el concreto está fresco, la pasta también lubrica las partículas de agregado otorgándole cohesión y trabajabilidad a la mezcla. Para cumplir satisfactoriamente con estas funciones la pasta debe cubrir totalmente la superficie de los agregados.

2.2.5.6 NORMAS Y REQUISITOS DE LOS AGREGADOS PARA EL CONCRETO

2.2.5.6.1 Requisitos Obligatorios

a. Granulometría

Los agregados finos y grueso según la norma ASTM C-33, Y NTP 400.037 deberán cumplir con las GRADACIONES establecidas en la NTP 400.012, respectivamente.

Tabla 5: Requisitos granulométricos para el agregado grueso

Huso	Tamaño máximo nominal	Requisitos Granulométrico del Agregado Grueso													
		Porcentaje que Pasa por los Tamices Normalizados													
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25,0 mm	19,0 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	300 μm
		(4 pulg)	(3 1/2 pulg)	(3 pulg)	(2 1/2 pulg)	(2 pulg)	(1 1/2 pulg)	(1 pulg)	(3/4 pulg)	(1/2 pulg)	(3/8 pulg)	(No. 4)	(No. 8)	(No. 16)	(No. 50)
1	90 mm a 37,5 mm (3 1/2 a 1 1/2 pulg.)	100□	90 a 100□	-----	25 a 60	-----	0 a 15	-----	0 a 15	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2	63 mm a 37,5 mm (2 1/2 a 1 1/2 pulg.)	-----	-----	100□	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3	50 mm a 25,0 mm (2 a 1 pulg.)	-----	-----	-----	100□	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-----	0 a 15	-----	-----	-----	-----	-----
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg. a No. 4)	-----	-----	-----	100□	95 a 100	-----	35 a 70	-----	10 a 30□	-----	0 a 5	-----	-----	-----
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 1/2 a 3/4 pulg.)	-----	-----	-----	-----	100□	90 a 100	20 a 55□	0 a 5	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 1/2 pulg. a No. 4)	-----	-----	-----	-----	100□	95 a 100	-----	35 a 70	-----	10 a 30	0 a 5	-----	-----	-----
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 a 1/2 pulg.)	-----	-----	-----	-----	-----	100□	95 a 100	20 a 55□	0 a 10	0 a 5	-----	-----	-----	-----
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 a 3/8 pulg.)	-----	-----	-----	-----	-----	100□	95 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-----	-----	-----
57	25,0 mm a 4,75 mm (1 pulg. a No. 4)	-----	-----	-----	-----	-----	100□	95 a 100	-----	25 a 60	-----	0 a 10	0 a 5	-----	-----
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4 a 3/8 pulg.)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100□	95 a 100	20 a 55□	0 a 15	0 a 5	-----	-----	-----
67	19,0 mm a 4,75 mm (3/4 pulg. a No. 4)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100□	95 a 100	-----	20 a 55□	0 a 10	0 a 5	-----	-----
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg. a No. 4)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100□	90 a 100	40 a 70□	0 a 15	0 a 5	-----	-----
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg. a No. 8)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100□	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-----
89	9,5 mm a 1,18 mm (3/8 pulg. a No. 16)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100□	90 a 100	20 a 35	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100□	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Tabla 6: Requisitos granulométricos para el agregado fino

Tamiz	Límites Totales	% Pasa por los tamices normalizados		
		C	M	F
9.5 mm (3/8")	100	100	100	100
4.75 mm (N°4)	89 – 100	95 – 100	85 – 100	89 – 100
2.38 mm (N°8)	65 – 100	80 – 100	65 – 100	80 – 100
1.20 mm (N° 16)	45 – 100	50 – 85	45 – 100	70 – 100
0.60 mm (N° 30)	25 – 100	25 – 60	25 – 80	55 – 100
0.30 mm (N° 50)	5 – 70	10 – 30	5 – 48	5 – 70
0.15 mm (N° 100)	0 – 12	2 – 10	0 – 12*	0 – 12*

* Incrementar 15% cuando se trata de agregado fino triturado, excepto cuando se usa para pavimentos de alta resistencia.

b. Sustancias dañinas

Se prescribe también que las sustancias dañinas, no excederán los porcentajes máximos siguientes:

Tabla 7: Porcentajes máximos de sustancia dañina

Descripción	Agregados	
	Fino	Grueso
Partículas deleznable	3%	5%
Material más fino que el tamiz N° 200	5%	1%
Carbón y lignito	0.5	0.5%

2.2.5.6.2 El agregado global (NTP 400.037)

La norma contiene un apéndice y a manera de información acerca de husos granulométricos considerados óptimos, para los proporcionamientos de finos y gruesos en el diseño de mezclas, dentro de los cuales se pueden obtener concretos trabajables y compactos. Esta información tiene carácter de orientación y en ningún caso es prescriptiva.

El agregado global es aquel material compuesto de agregado fino y grueso, cuya granulometría cumple con los límites dados en la siguiente tabla:

Tabla 8: Porcentajes máximos de sustancia dañina

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa		
	Tamaño nominal 37.5 mm (1 ½ in)	Tamaño nominal 19.0 mm (¾ in)	Tamaño nominal 9.5 mm (3/8 in)
50 mm (2")	100	---	---
37.5 mm (1 ½")	95 a 100	100	---
19 mm (¾")	45 a 80	95 a 100	---
12.5 mm (½")	---	---	100
9.5 mm (3/8")	---	---	95 a 100
4.75 mm (Nº 4)	25 a 50	35 a 55	30 a 65
2.36 mm (Nº 8)	---	---	20 a 50
1.18 mm (Nº 16)	---	---	15 a 40
600 µm (Nº 30)	8 a 30	10 a 35	10 a 30
300 µm (Nº 50)	---	---	5 a 15
150 µm (Nº 100)	0 a 8*	0 a 8*	0 a 8*

* Incrementar a 10% para los finos de roca triturada.

2.2.5.7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS AGREGADOS

Los agregados a utilizar en la obra deberán cumplir las especificaciones técnicas que aseguren la calidad final de la obra. Aquellos agregados que no cumplan algunos requisitos podrán ser empleados siempre que se demuestre con pruebas de laboratorio o experiencia en obra que se pueden producir concretos de la calidad especificada.

Los requisitos que deben cumplir los agregados para uso en concreto se encuentran estipulados en ASTM C33 así como en NTP 400.037.

Los agregados que van estar sometidos a humedecimiento, exposición prolongada a atmósferas húmedas, o en contacto con suelos húmedos no deberán tener ningún material que sea

potencialmente reactivo con los álcalis del cemento a fin de evitar expansiones.

El ensayo de estabilidad de volumen se recomienda para agregados que van a ser empleados en concretos sometidos a procesos de congelación y deshielo. Aquellos agregados que no pasen esta prueba podrán ser usados sólo demostrando que un concreto de características similares en la zona tiene un registro de servicio satisfactorio en esas condiciones de intemperismo.

Asimismo es necesario utilizar agregados con contenido de sales solubles totales en porcentajes menores del 0.015% en peso del cemento.

2.2.5.7.1 Respecto al Agregado fino

- Debe estar compuesto de partículas limpias de perfil angular duras y compactas libre de materia orgánica u otras sustancias dañinas.
- Debe estar graduado dentro de los límites dados en los requisitos obligatorios.
- El módulo de fineza debe estar entre 2.3 a 3.1
- Deberá estar libre de materia orgánica, que es determinado mediante el ensayo indicado en ASTM C 40, si no cumple con esta puede ser utilizado siempre que realizado el ensayo de compresión a los 7 días de morteros preparados con arena sana y otros con la arena en cuestión la resistencia no sea menor del 95%.

2.2.5.7.2 Respecto al Agregado grueso

- Estará conformado de fragmentos cuyos perfiles sean preferentemente angulares o semiangulares, limpios, duros, compactos, resistentes y de texturas preferentemente rugosas y libres de material escamoso o partículas blandas.
- La resistencia a la compresión del agregado no será menor de 600 kg/cm²
- Estará graduado dentro de los límites especificados en la tabla de requisitos obligatorios.
- El tamaño máximo del agregado a tomar será:
 - 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados.
 - 1/3 de la altura de las losas.
 - 3/4 del espacio libre mínimo entre varillas individuales de refuerzo.
- Para el caso de ser necesario el lavado del material este debe hacerse con agua libre de materia orgánica, **sales o sólidos en suspensión.**

2.2.6 AGUA

Compuesto inorgánico proveniente de fuentes naturales o tratadas que reacciona químicamente con el material cementante durante la preparación del concreto. Deberá ser clara y aparentemente limpia.

El estudio de las características del agua a utilizar en la mezcla del concreto adquiere gran importancia ya que este material interviene en la reacción química con el material cementante (cemento) para lograr:

a. La formación de gel

Se define como gel a la parte sólida de la pasta la cual es el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación.

En su estructura el gel es una aglomeración porosa de partículas sólidamente entrelazadas el conjunto de las cuales forman una red eslabonada que contiene material amorfo. El gel desempeña el papel más importante en el comportamiento del concreto especialmente en sus resistencias mecánicas y en módulo de elasticidad. Los dos silicatos de calcio, los cuales constituyen cerca del 75% del peso del cemento. Portland, reaccionan con el agua para formar dos nuevos compuestos: el hidróxido de calcio y el hidrato de silicato de calcio. Este último es el componente cementante más importante en el concreto. Las propiedades ingenieriles del concreto, - fraguado y endurecimiento, resistencia y estabilidad dimensional - principalmente dependen del gel del hidrato de silicato de calcio. Es la médula del concreto.

b. En estado fresco

Faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma.

c. En estado endurecido

La conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas. Es importante conocer la velocidad de reacción entre el cemento y el agua porque esta velocidad determinara el tiempo de fraguado y de endurecimiento. La reacción inicial debe ser suficientemente lenta para que conseda tiempo al transporte y colocación del concreto. Sin embargo, una vez que el concreto ha sido colocado y terminado, es deseable tener un endurecimiento rápido. El yeso, que es adicionado en el molino de cemento durante la molienda del Clinker, actúa como regulador de la velocidad inicial de hidratación del cemento Portland. Otros factores que influyen en la velocidad de hidratación incluyen la finura de la molienda, los aditivos, la cantidad de agua adicionada y la temperatura de los materiales en el momento del mezclado.

d. Curado del concreto

El aumento de resistencia continuará con la edad mientras se encuentre cemento sin hidratar, a condición de que el concreto permanezca húmedo o tenga una humedad relativa superior a aproximadamente el 80% y permanezca favorablemente la temperatura del concreto. Cuando la humedad relativa dentro del concreto sea aproximadamente del 80% o la temperatura del concreto descienda por debajo del punto de congelación, la hidratación y el aumento de resistencia virtualmente se detiene.

Si se vuelve a saturar el concreto luego de un periodo de secado, hidratación se reanuda y la resistencia vuelve a aumentar. Sin embargo lo mejor es aplicar el curado húmedo al concreto de manera continua desde el momento en que se ha colocado hasta cuando haya alcanzado la calidad deseada debido a que el concreto es difícil de restaurar.

2.2.7 SECUENCIA DE LA METODOLOGIA

La metodología para el uso del relave como relleno volumétrico consistirá en preparar mezclas de concreto trabajando con porcentajes 20% y 25% en apoyo al agregado fino (arena gruesa) para obtener resistencias altas. Se evaluará la resistencia a compresión a 7, 14 y 28 días, **PARA LUEGO COMPARAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS, CON LOS DEL CONCRETO ESTANDAR.**

Dentro de un grupo de 02 muestras de relave minero de nuestra región, verificar a través de ensayos la factibilidad del uso de los mismos en concreto.

En base a los resultados se propone usar concretos con relave incorporado para construir losas de poco tránsito, veredas, acabados y asentamiento de ladrillo en proporciones 1:1, 3:1, 2:1, de acuerdo a los análisis del relave minero.

2.2.8 REQUERIMIENTOS MINIMOS DEL CONCRETO

Tabla 9: Aplicación propuesta en la investigación

PARAMETRO	VALOR ESPECIFICADO
Aplicación	Losas de tránsito liviano
F'c (Kg/cm ²)	Mínimo 175
Piedra	Huso 57
T.M.N piedra (pulg)	1
Slump (pulg)	3-5
Sin aire incorporado	Ok

2.2.9 ENSAYOS INVOLUCRADOS

a. Ensayos de caracterización de materiales.

- GRANULOMETRÍA (ASTM C136 / NTP 400.012)
 - Análisis granulométrico por tamizado (agregado grueso).

- Análisis granulométrico por tamizado (agregado fino).
- Análisis granulométrico por tamizado (relave minero).
- PESO ESPECÍFICO DE AGREGADO GRUESO (N.T.P. 400.021 ASTM C-127)
 - Peso específico de Masa
 - Peso específico de Masa Saturada Superficialmente Seco
 - Peso específico Aparente
 - Porcentaje de Absorción
- PESO ESPECÍFICO DE AGREGADO FINO (N.T.P. 400.022 ASTM C-128).
 - Peso específico de Masa
 - Peso específico de Masa Saturada Superficialmente Seco
 - Peso específico Aparente
 - Porcentaje de Absorción
- PESO ESPECÍFICO DEL RELAVE (N.T.P. 400.022 ASTM C-128).
 - Peso específico de Masa
 - Peso específico de Masa Saturada Superficialmente Seco
 - Peso específico Aparente
 - Porcentaje de Absorción

- PESO UNITARIO DE AGREGADO (ASTM C-29 / N.T.P. 400.017)
 - Peso Unitario Suelto (agregado grueso, agregado fino y relave minero)
 - Peso Unitario Compacto (agregado grueso, agregado fino y relave minero)

- Cloruros solubles NTP 400.042

- Inalterabilidad por medio de Sulfato de Magnesio ASTM C88 / NTP 400.016

- Equivalente de arena ASTM D2419 / NTP 339.146

- Impurezas orgánicas ASTM C40 / NTP 400.013

- Malla 200 ASTM C117 / NTP 400.018 (Material que pasa la malla N° 200)

- Partículas Ligeras ASTM C123 / NTP 400.023

- Sales solubles totales ASTM C114 / NTP 400.042

- Sulfatos solubles NTP 400.042

b. Ensayos en concreto fresco

- DISEÑO DE MEZCLA (A. C. I.) $F'_c=175 \text{ Kg/cm}^2$
 - Diseño de mezcla (A. C. I.) $F'_c=175 \text{ Kg/cm}^2$ (Estándar, no contiene relave).
 - Diseño de mezcla (A. C. I.) $F'_c=175 \text{ Kg/cm}^2$ (Adicionando relave minero).

- Slump ASTM C143

- Contenido de Aire ASTM C231
- Temperatura ASTM C1064
- Peso Unitario ASTM C138

2.2.10 DISEÑOS DE MEZCLA INVOLUCRADOS

Tabla 10: Aplicación propuesta en la investigación

DISEÑO	CODIGO	DESCRIPCIÓN
A	JQP-PAT	Diseño Patrón – sin relave
B	JQP- R/PAC	Diseño de mezcla – con relave Pacococha
C	JQP-R/ACCH	Muestra descartada por contener muchos Sulfatos

2.2.10.1 MATERIALES E INSUMOS INVOLUCRADOS EN LA INVESTIGACION

2.2.10.2 CONCRETO CONVENCIONAL

Para nuestra investigación definimos como un concreto convencional a aquel que tiene un slump de aproximadamente 4", F'c=175 Kg/cm², usa piedra de TMN 1", presenta buena consistencia y trabajabilidad.

2.2.10.3 AGREGADOS

2.2.10.3.1 AGREGADO FINO

Es el agregado proveniente de la desagregación natural o artificial que pasa AL Tamiz NTP 9,5 mm (3/8") y cumple con NTP 400.037 y ASTM C33-07.

2.2.10.3.2 AGREGADO GRUESO

Material retenido en el Tamiz NTP 4,75 mm (N° 4) y cumple los límites establecidos en la Norma NTP 400.037 o en la Norma ASTM C 33 (Tabla 4)

2.2.10.3.3 CEMENTO PORTLAND TIPO I

Producto obtenido por la pulverización del Clinker Pórtland con la adición eventual de sulfato de calcio.

2.2.10.3.4 AGUA

El agua empleado para la preparación y el curado del concreto cumple con los requisitos de la Norma NTP 339.088 (Agua potable).

2.2.10.3.5 RELAVE MINERO

Son los residuos resultantes del proceso de recuperación selectivo de ciertos minerales, usualmente constituidos por una mezcla de rocas molidas, agua y minerales de ganga.

2.2.11 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES INVOLUCRADOS

2.2.11.1 AGREGADOS

Los agregados provinieron de la cantera del rio Ichu-Huancavelica. La aceptación de dichos materiales se evaluó según lo contemplado en las normas NTP 400.037 y ASTM C33-07

2.2.11.1.1 AGREGADO FINO

Se realizaron los ensayos correspondientes a la caracterización de agregados obteniéndose como resultados la granulometría.

- Agregado Fino (Arena Gruesa de rio Ichu)

Tabla 11: Granulometría Arena Gruesa de rio Ichu

Muestra : Agregado Fino (Arena Gruesa). PROCEDECENCIA MATERIAL : Rio Ichu.

TAMICES ASTM	Abertura en mm.	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	Tamaño Máximo
3"	76,200						Descripcion de la Muestra
2 1/2"	63,300						
2"	50,800						Modulo de
1 1/2"	38,100						Fineza : 3.3%
1"	25,400						P.U.Varillado : 1,500.00 Ks/m3
3/4"	19,050						
1/2"	12,700						
3/8"	9,525					GRUPO - M	
1/4"							Peso Inicial : 4,550.00 Kilos
N° 4	4,760	331.1	11.4	11.4	88.6	85 100	% Absorcion : 0.5
N° 8	2,380	283.0	9.8	21.2	78.8	65 100	
N° 10	2,000						
N° 16	1,190	473.3	16.3	37.5	62.5	45 100	
N° 20	0,840						
N° 30	0,590	1,058.8	36.5	74.0	26.0	25 80	Gravedad
N° 40	0,420						Especificica : 2.4
N° 50	0,297	546.0	18.8	92.8	7.2	05 48	
N° 80	0,177						
N° 100	0,149	162.5	5.6	98.4	1.6	00 12	
N° 200	0,074	38.0	1.3	99.7	0.3		
PAN		7.3	0.3	100.00	**.**		
TOTAL		2,900.00					

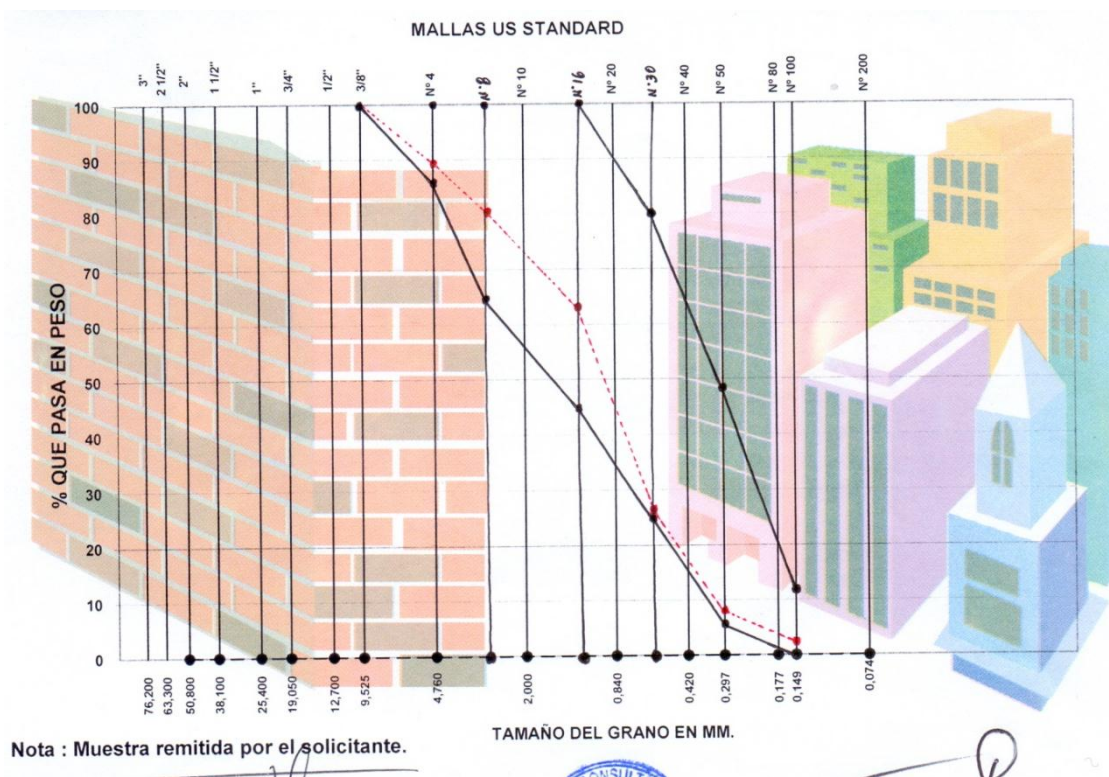


GRAFICO 2: Curva Granulométrica Arena Gruesa rio Ichu

- Agregado Fino (Relave de Mina)

Tabla 12: Granulometría Relave de Mina

Muestra : Agregado Fino (Arena Gruesa)							PROCEDENCIA MATERIAL: Relave de Mina.	
TAMICES ASTM	Abertura en mm.	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	Tamaño Máximo	
3"	76,200						Descripcion de la Muestra	
2 1/2"	63,300						Modulo de	
2"	50,800						Fineza : 2.4 %	
1 1/2"	38,100						P.U.Varillado : 1,470.00 Ks/m3	
1"	25,400						Grupo F	
3/4"	19,050						100	
1/2"	12,700						Peso Inicial : 3,400.00 Kilos	
3/8"	9,525						% Absorción : 0.5	
1/4"								
N° 4	4,760				F	89	100	
N° 8	2,380				F	80	100	
N° 10	2,000							
N° 16	1,190	14.5	0.7	0.7	99.3	70	100	
N° 20	0,840							
N° 30	0,590	102.7	5.1	5.8	94.2	55	100	Gravedad
N° 40	0,420							Especifica : 2.4
N° 50	0,297	1,096.8	54.8	60.6	39.4	05	70	
N° 80	0,177							
N° 100	0,149	567.5	28.4	89.0	11.0	00	12	
N° 200	0,074	154.9	7.8	96.8	3.2			
PAN		63.6	3.2	100.00	**_**			
TOTAL		3,400.00						

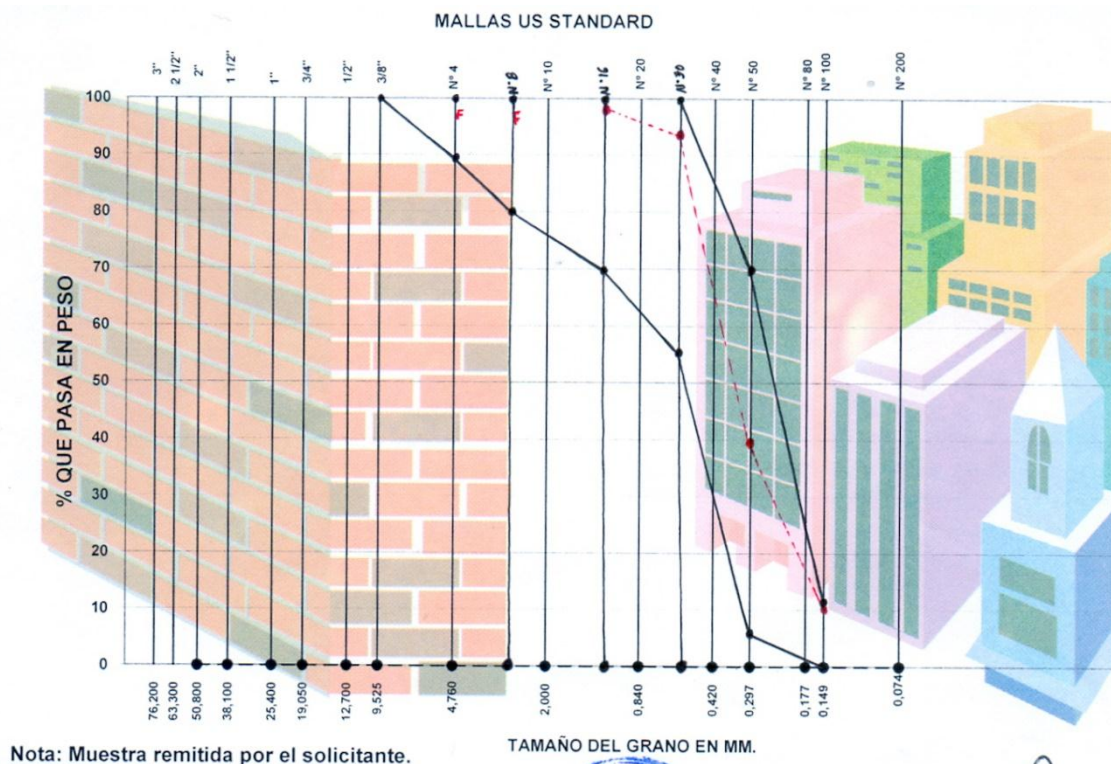


GRAFICO 3: Curva Granulométrica (Relave de Mina)

- Agregado Fino (Relave de Mina en un 50% + Arena Gruesa de rio Ichu en un 50%)

Tabla 13 Granulometría Relave de Mina 50% + Arena Gruesa 50%

O B R A : Proyecto de Tesis.

PROCEDENCIA MATERIAL:

Relave de mina en un 50 % +

arena gruesa de rio Ichu 50%

Muestra : Agregado Fino (Arena Gruesa)

TAMICES ASTM	Abertura en mm.	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	Tamaño Máximo
3"	76,200						Descripcion de la Muestra
2 1/2"	63,300						
2"	50,800						Modulo de
1 1/2"	38,100						Fineza : 2.7 %
1"	25,400						
3/4"	19,050						P.U.Varillado : 1,580.00 Ks/m3
1/2"	12,700					Grupo M	
3/8"	9,525					100	
1/4"							Peso Inicial : 4,400.00 Kilos
N° 4	4,760	260.0	5.9	5.9	94.1	85 100	
N° 8	2,380	258.2	5.9	11.8	88.2	65 100	% Absorcion : 0.5
N° 10	2,000						
N° 16	1,190	435.6	9.9	21.7	78.3	45 100	
N° 20	0,840						
N° 30	0,590	1,263.8	28.7	50.4	49.6	25 80	Gravedad
N° 40	0,420						Especificas : 2.4
N° 50	0,297	1,598.00	36.3	86.7	13.3	05 48	
N° 80	0,177						
N° 100	0,149	374.4	8.5	95.2	4.8	00 12	
N° 200	0,074	171.9	3.9	99.1	0.9		
PAN		38.1	0.9	100.00	**_**		
TOTAL		4,400.00					

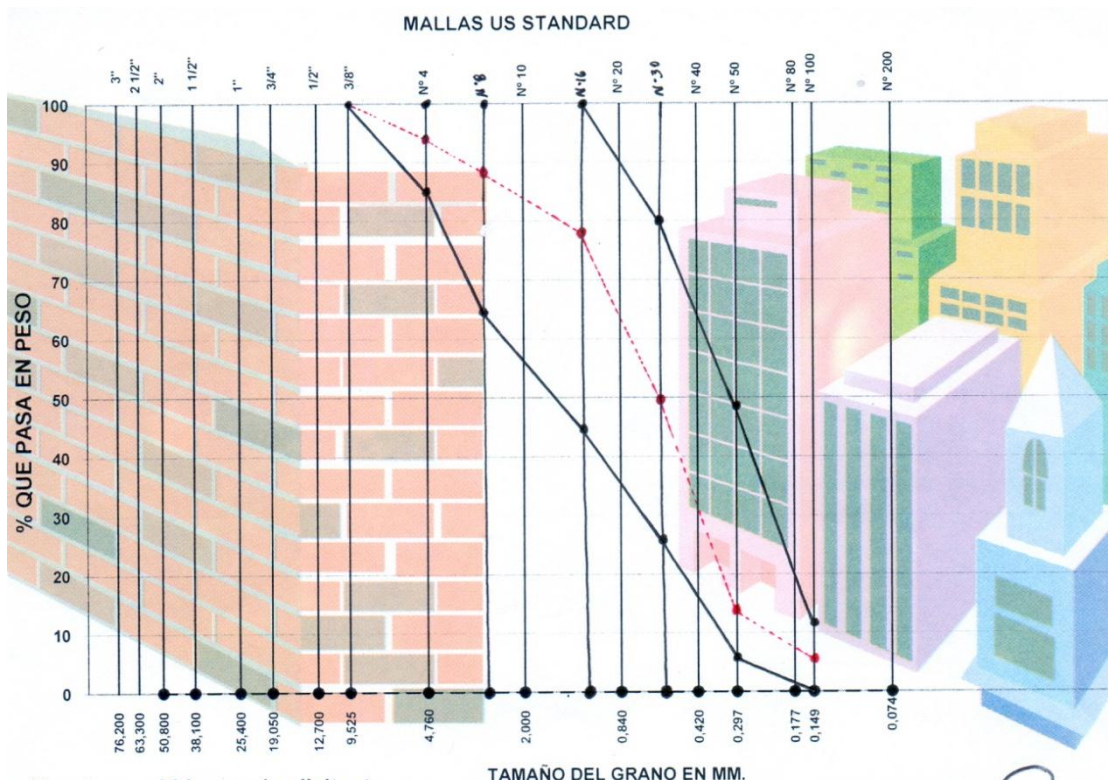


GRAFICO 4: Curva Granulométrica (Relave de Mina 50% + Arena Gruesa 50%)

- Agregado Grueso (Piedra Chancada – Rio Ichu)

Tabla 14 Granulometría Piedra Chancada

Muestra : Agregado Grueso (Piedra Chancada) PROCEDENCIA MATERIAL : Rio Ichu Hvca.

TAMICES ASTM	Abertura en mm.	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES		Tamaño Máximo
3"	76,200							Descripcion de la Muestra
2 1/2"	63,300							
2"	50,800					AG-3		
1 1/2"	38,100					100		
1"	25,400	1,043.8	37.3	37.3	62.7	95	100	
3/4"	19,050	1,085.8	38.8	76.1	23.9			P.U.Varillado : 1,480.00 Ks/m3
1/2"	12,700	500.7	17.9	94.0	6.0	25	60	
3/8"	9,525	91.9	3.3	97.3	2.7			
1/4"								Peso Inicial : 2,800.00 Kilos
N° 4	4,760	35.5	1.2	98.5	1.5	00	10	
N° 8	2,380	22.7	0.8	99.3	0.7	00	05	% Absorción : 0.5
N° 10	2,000	16.1	0.6	99.9	0.1			
N° 16	1,190							
N° 20	0,840							
N° 30	0,590							Gravedad
N° 40	0,420							Especifica : 2.5
N° 50	0,297							
N° 80	0,177							
N° 100	0,149							
N° 200	0,074							
PAN		3.5	0.1	100.00				
TOTAL		2,800.00						

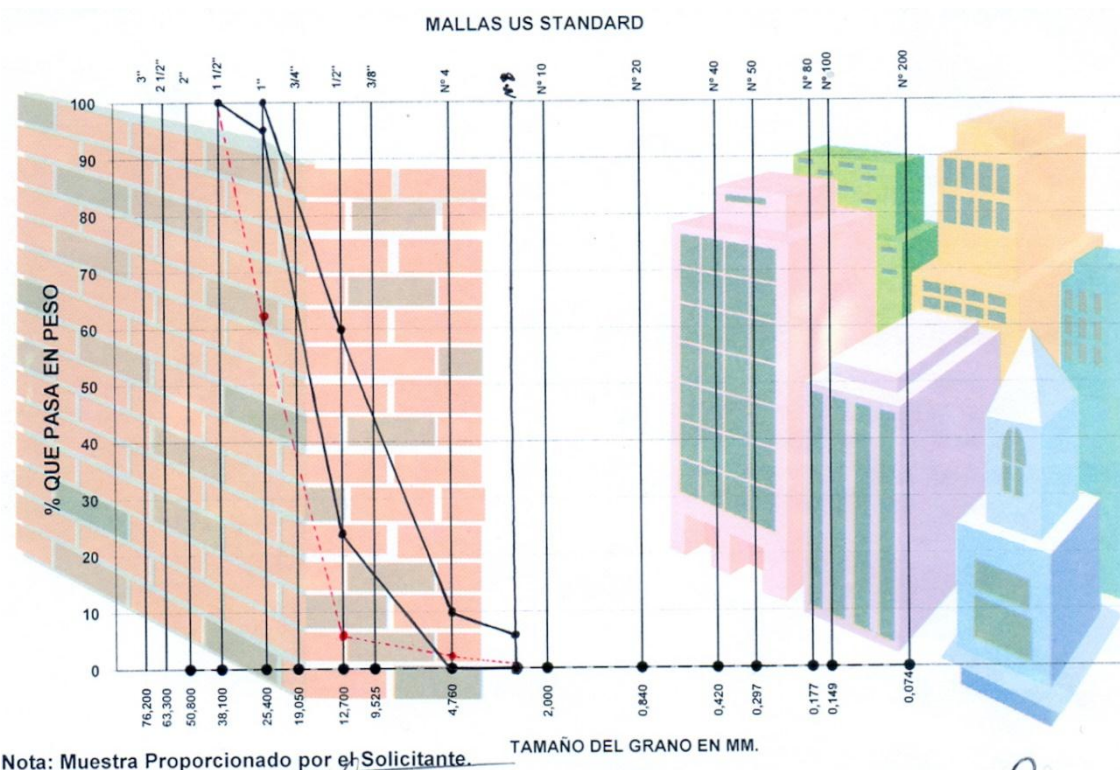


GRAFICO 5: Curva Granulométrica (Piedra Chancada)

2.2.11.1.2 AGREGADO GRUESO

Se trabajó con piedra Huso 57, que resulto de la mezcla de los agregados gruesos en proporciones definidas (50% de Piedra Huso 5 y 50% de Piedra Huso 67). Los husos están definidos en las normas NTP 400.037 2002 y ASTM C33-07

I. Piedra Huso 5

Se realizaron los ensayos correspondientes a la caracterización de agregados obteniéndose como resultados la granulometría y las características físicas y químicas

II. Piedra Huso 67

Se realizaron los ensayos correspondientes a la caracterización de agregados obteniéndose como resultados la granulometría y las características físicas y químicas

2.2.11.2 CEMENTO

Se usó cemento Portland Tipo I marca Cemento Andino, debido a que el concreto especifico no requirió propiedades especiales.

Con respecto a las características fisicoquímicas del cemento, esta se detalla en el anexo 5.

2.2.11.3 AGUA

Se utilizó agua limpia libre de impurezas.

2.2.11.4 RELAVE

Para nuestro estudio utilizamos 2 muestras de relave de distintas procedencia de nuestra región.

RELAVE	CODIGO	PROCEDENCIA
Pacococho	JQP-PACOCOCHA	PACOCOCHA-CASTROVIRREYNA-HUANCAVELICA
Acchilla	JQP-ACCHILLA	CCOCHACCASA-LIRCAY-HUANCAVELICA

2.2.11.5 RELAVE R/PAC

Se realizaron los ensayos correspondientes a la caracterización de agregados obteniéndose como resultados la granulometría y las características físicas y químicas

2.2.11.6 RELAVE R/ACCH

Muestra descartada por contener muchos Sulfatos.

2.2.12 DISEÑO DE MEZCLA

Uno de los métodos más utilizados para elaborar diseños de mezcla es el contemplado en el ACI 211. Este documento nos da un alcance para comenzar a trabajar y encontrar proporciones aproximadas en el diseño de un concreto nuevo.

2.2.13 SELECCIÓN DE LAS PROPORCIONES DEL CONCRETO MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI.

El comité 211 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas, basándose en algunas Tablas que permiten obtener valores de los diferentes materiales que integra la unidad cubica de concreto. Aplicables a concreto de peso normal y a las condiciones que pasa cada una de las tablas indicadas.

2.2.14 SECUENCIA DEL DISEÑO

Las cantidades de material por metro cubico de concreto pueden ser determinados, usando el Método del Comité 211 del AC, siguiendo la secuencia que a continuación se indica.

- Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia en compresión específica y la desviación estándar de la compañía constructora.
- Selección del tamaño máximo nominal del agregado.
- Selección del asentamiento.
- Selección del volumen unitario del agua de diseño.
- Selección del contenido de aire.
- Selección de la relación agua-cemento por resistencia y por durabilidad.
- Determinación del Factor Cemento.
- Determinación del contenido de agregado grueso.
- Determinación de la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso.
- Determinación del volumen absoluto de agregado fino.
- Determinación del peso seco del agregado fino.
- Determinación de los valores de diseño del cemento, agua, aire, agregado fino y agregado grueso.
- Corrección de los valores de diseño por humedad del agregado.
- Determinación de la proporción en peso, de diseño y de obra.

- Determinación de los pesos por tanda de un saco.

2.2.15 PARAMETROS DE INGRESO

Requerimientos mínimos del concreto del nuevo diseño de mezcla establecido en la aplicación propuesta.

Tabla 15 Aplicación propuesta en la investigación

PARAMETRO	VALOR ESPECIFICADO
F'c (Kg/cm ²)	Mínimo 175
Piedra	Huso 57
T.M.N piedra (pulg)	1
Slump (pulg)	3-4
Sin aire incorporado	Ok

2.2.16 DISEÑO CONCRETO ESTANDAR ADICIONANDO RELAVE

2.2.16.1 Materiales

a. Cemento

- Pórtland ASTM Tipo I “Andino”
- Peso específico : 3.15

b. Agua

- Potable.

c. Agregado fino

- Peso Específico de la masa : 2.4
- Absorción : 0.5 %
- Contenido de Humedad : 4.63 %
- Módulo de fineza : 2.7
- Peso seco suelto : 1509 kg/m³
- Peso seco compactado : 1580 kg/m³

d. Agregado Grueso

- Peso Específico de la masa : 2.5
- Absorción : 0.5 %
- Contenido de Humedad : 0.18 %
- Tamaño Máximo Nominal : 1 "
- Peso seco suelto : 1497 kg/m³
- Peso seco compactado : 1480 kg/m³

2.2.16.2 Determinación de la resistencia promedio ($f'c_r$)

Nuestro concreto va a ser de Resistencia 175 kg/cm²

Tabla 16 Determinación de la resistencia promedio

f'c Especifico	f'c r (kg/cm ²)
<210	f'c + 70
210-350	f'c + 84
>350	f'c + 98

$$\Rightarrow f'c_r = 175 + 70 = 245$$

2.2.16.3 Selección del tamaño máximo nominal del agregado.

Requerimientos mínimos del concreto del nuevo diseño de mezcla establecido en la aplicación propuesta a la granulometría del agregado grueso le corresponde un tamaño máximo de 1".

2.2.16.4 Selección del asentamiento.

Se requiere una mezcla de consistencia plástica, corresponde a un asentamiento de 3" a 4

Tabla 17 Selección del asentamiento

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	≥ 5"

2.2.16.5 Volumen unitario de agua de diseño.

Tabla 18: Aplicación propuesta en la investigación

CANTIDADES APROXIMADAS DE AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE PARA DIFERENTES VALORES DE ASENTAMIENTO Y TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO DEL AGREGADO								
ASENTAMIENTO	AGUA EN L/M3 DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS NOMINALES MÁXIMOS DEL AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADA							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETOS 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	-
Contenido de Aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETOS 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	-
Contenido total de Aire (%)	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

De la tabla 10. Se determina que el volumen unitario de agua de diseño, necesario para una mezcla de concreto cuyo asentamiento es de 3" a 4", en una mezcla sin aire incorporado cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1", es de **193 Lt/m3**

2.2.16.6 Contenido de aire

Tabla 19: Aplicación propuesta en la investigación

TMN DEL AGREGADO	AIRE ATRAPADO
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

De la tabla 19. Se determina que el contenido de aire atrapado para un agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1" es de **1,5 %**

2.2.16.7 Relación agua-cemento

No se presenta problemas de intemperismo ni ataques por sulfatos, ni otro tipo de acciones que pueda dañar el concreto se seleccionara la relación agua-cemento por resistencia.

Tabla 20: Aplicación propuesta en la investigación

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 D.	RELACIÓN AGUA - CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	SIN AIRE INCORPORADO	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	0.7	0.61
150	0.8	0.71

De la tabla 12, para una resistencia promedio correspondiente a 175 kg/cm^2 en un concreto sin aire incorporado, entonces interpolamos nuestra a/c : **0.75**

2.2.16.8 Factor cemento

El factor cemento se determina dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua-cemento:

De los resultados anteriores tenemos que

$$\triangleright a/c = 0.75$$

$$\triangleright \text{Agua} = 193 \text{ lt/m}^3$$

$$\Rightarrow \text{factor cemento} = 193/0.75$$

$$= 257.3330 \text{ kg/m}^3 = 7,09 \text{ bolsas/m}^3$$

2.2.16.9 Cantidad de agregado grueso

Tabla 21: Aplicación propuesta en la investigación

TMN	Módulo de fineza del agregado fino			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

De la tabla con **Modulo de Fineza de 2,70** y un Tamaño máximo nominal del **agregado grueso de 1"**, encontramos un valor $b/b_0 = 0,6780$ metros cúbicos de agregado grueso seco compactado por unidad de volumen de concreto.

$$\begin{aligned} \Rightarrow \text{Peso del agregado grueso} &= 0,6780 \times 1480 \\ &= 1003 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

2.2.16.10 Cálculo del volumen absoluto

Conocidos los pesos del cemento, agua y agregado grueso, así como el volumen de aire, se procede a calcular la suma de los volúmenes absolutos de estos ingredientes:

*Cemento : $7.9 \times 42.5/3.15/1000$:0.107
*Agua : $6.3 \times 3.785/1000$:0.024
*Aire Atrapado:0.01	:0.010
*Agregado grueso: $1036.00/2.5/1000$	<u>0.414</u>
	0.555
*Vol.Abs.Agr.fino: $1.000 - 0.555$	<u>0.445</u>
	1.000m ³
*Peso agr.fino seco suelto: $0.445 \times 2.4 \times 1000 = 1,068.00 \text{ Kg/m}^3$.	

2.2.16.11 Contenido de agregado fino

El volumen absoluto de agregado fino será igual a la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos. El peso del agregado fino será igual a su volumen absoluto multiplicado por su peso sólido.

- Volumen absoluto de agregado = $1 - 0.691 = 0.309 \text{ m}^3$
- Peso del agregado fino seco = $0.309 \times 2.40 \times 1000 = 742 \text{ kg/m}^3$

2.2.16.12 Valores de diseño

Las cantidades a ser empleadas como valores de diseño serán:

VALORES DE DISEÑO:

*Tamaño Máximo	: 1"
*Asentamiento	: 3" - 5"
*Relación A/C.	: 6.3 gl/bol.
*Factor Cemento	: $50/6.3 = 7.9 \text{ bol./m}^3$.
*Agregado Grueso	: $1480 \times 0.70 = 1,036.00 \text{ Kg/m}^3$.
*Aire Atrapado	: 0,01

2.2.16.13 Corrección por humedad del agregado

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cubica de concreto debe ser corregida en función de las condiciones de humedad de los agregados fino y seco, a fin de obtener los valores a ser utilizados en obra:

2.2.16.14 Volúmenes absolutos de los agregados

*Cemento : 7.9 x 42.5/3.15/1000	:0.107
*Agua : 6.3 x 3.785/1000	:0.024
*Aire Atrapado:0.01	:0.010
*Agregado grueso: 1036.00/2.5/1000	:0.414
	0.555
*Vol.Abs.Agr.fino:1.000 - 0.555	:0.445
	1.000m3
*Peso agr.fino seco suelto: 0.445 x 2.4 x 1000 = 1,068.00 Kg/m3.	

2.2.16.15 Cantidad de los materiales por m3

*Cemento: 7.9 x 42.5	: 335.75 Kg.
*Agua: 50 x 3.785	: 189.30 Lts.
*Agregado fino	:1,068.00 Kg.
*Agregdo grueso	:1,036.00 Kg.

2.2.16.16 Expresión de las proporciones en peso

$$\frac{335.75}{335.75} : \frac{1,068.00}{335.75} : \frac{1036.00}{335.75} / \frac{189.3}{335.75} = 1.0 : 3.18 : 3.09 / 0.56$$

2.2.16.17 Cantidad de material por bolsa

*Cemento: 42.5	: 42.50 Kg.
*Agua: 0.56 x 42.5	: 23.80 Lts.
*Agregado fino. 3.18 x 42.5	: 135.15 Kg.
*Agregado Grueso. 3.09 x 42.5	: 131.25 Kg.
*Peso Agregado Fino 1580 / 35	: 45.14 Kg.
*Peso Agregado Grueso 1480 / 35	: 42.29 Kg.

2.2.16.18 Dosificación en volumen

*Cemento : 42.5 / 42.5	: 1.00 p3.
*Agregado fino: 135.15 / 45.14	: 3.00 p3.
*Agregado grueso: 131.25 / 42.29	: 3.10 p3.

2.3 HIPÓTESIS

2.3.1 HIPÓTESIS DE TRABAJO

Con el uso del relave minero en el diseño de mezcla de concreto $F'c=175\text{Kg}/\text{cm}^2$, para tránsito ligero, se reduce la contaminación y genera menores costos en la elaboración de concreto, en el distrito de Castrovirreyna, de Castrovirreyna y departamento de Huancavelica.

2.3.2 HIPÓTESIS NULA

Con el uso del relave minero en el diseño de mezcla de concreto $F'c=175\text{Kg}/\text{cm}^2$, para tránsito ligero, se incrementa la contaminación y genera mayores costos en la elaboración de concreto, en el distrito de Castrovirreyna, de Castrovirreyna y departamento de Huancavelica.

2.3.3 HIPOTESIS ALTERNATIVA

Con la capacidad de resistencia a la compresión, se conoce la calidad del concreto elaborado a través del diseño de mezcla de concreto $F'c = 175\text{kg}/\text{cm}^2$ adicionando relave, para tránsito ligero, se reduce la contaminación y genera menores costos en la elaboración de concreto, en el distrito de Castrovirreyna, de Castrovirreyna y departamento de Huancavelica.

2.3.4 HIPOTESIS ESTADISTICA

La adición del relave minero, el cual optimizara el uso del arena gruesa hasta el 25%. El cual genera un ahorro económico y mitigación del impacto para tránsito ligero, en el distrito de Castrovirreyna, de Castrovirreyna y departamento de Huancavelica.

2.4 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACION DE LAS VARIABLES

2.4.1 IDENTIFICACION DE VARIABLES

- Cemento
- Agua
- Aditivos
- Agregado fino
- Agregado grueso
- Piedra chancada (3/4"-1/2")
- Relave minero
- Acelerante de fragua
- Fibras de refuerzos
- Incorporador de aire

2.4.2 VARIABLE MAS IMPORTANTES

- Cemento
- Relave minero
- Arena fina
- Arena gruesa
- Agua

2.5 CLASIFICACION DE LAS VARIABLES

2.5.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

X1: Cemento

X2: Relave minero

X3: Arena fina

X4: Arena gruesa

X5: Agua

2.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE

(Y): Resistencia del concreto $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$

2.6 OPERACIONALIZACION DE LA VARIABLES

Tabla 18: Operacionalización de las variables

Tipo de Variables	Nombre de Variables	Indicadores
Independiente: (X)	X1: Cemento X2: Relave minero X3: Arena fina X4: Arena gruesa X5: Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de cemento. • La adición en % de relave minero. • Ensayo de granulometría • Diseño de mezcla • Propiedades físicas y mecánicas del material granular • Evaluación del material.
Dependiente: (Y)	Resistencia del concreto $F'c=175$ Kg/cm ² .	<ul style="list-style-type: none"> • Relación de slump optima • Soporte de resistencia a la compresión • Calidad del material

2.7 MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA	PLANT. DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	HIPÓTESIS DE INVEST.	VARS. DE ESTUDIO	METOD. TÉCNS E INSTRU.
<p>Título: “Diseño de mezcla de concreto $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$ adicionando relave minero para tránsito ligero relavera Pacococha-P Virreyna-Castrovirreyna-Huancavelica”</p>	<p>¿Cuál será la dosificación de mezcla, en el diseño de concreto $F'c=175\text{Kg/cm}^2$, añadiendo relave minero, para tránsito ligero (pistas, veredas, falsos pisos, etc.), Relavera Pacococha-P Virreyna-Castrovirreyna-Huancavelica?</p>	<p>Objetivo General ¿Diseñar la dosificación de mezcla, para el concreto $F'c=175\text{Kg/cm}^2$, añadiendo relave minero, para tránsito ligero (pistas, veredas, falsos pisos, etc.), Relavera Pacococha-P Virreyna-Castrovirreyna-Huancavelica?</p> <p>Objetivos Específicos. i. Determinar el modo de agregar el relave minero, en el diseño de concreto $F'c=175\text{Kg/cm}^2$, añadiendo relave minero, para tránsito ligero (pistas, veredas, falsos pisos, etc.), Relavera Pacococha-P Virreyna-Castrovirreyna-Huancavelica? ii. Determinar la capacidad de resistencia a la compresión, del concreto $F'c=175\text{Kg/cm}^2$, añadiendo relave minero, para tránsito ligero (pistas, veredas, falsos pisos, etc.), Relavera Pacococha-P Virreyna-Castrovirreyna-Huancavelica? iii. Determinar la influencia del uso de relave minero, en el diseño de concreto $F'c=175\text{Kg/cm}^2$, añadiendo relave minero, para tránsito ligero (pistas, veredas, falsos pisos, etc.), Relavera Pacococha-P Virreyna-Castrovirreyna-Huancavelica?</p>	<p>Ho = Con el uso del relave minero en el diseño de mezcla de concreto $F'c=175\text{Kg/cm}^2$, para tránsito ligero, se reduce la contaminación y genera menores costos en la elaboración de concreto, en el distrito de Castrovirreyna, de Castrovirreyna y departamento de Huancavelica.</p> <p>Ha = Con el uso del relave minero en el diseño de mezcla de concreto $F'c=175\text{Kg/cm}^2$, para tránsito ligero, se incrementa la contaminación y genera mayores costos en la elaboración de concreto, en el distrito de Castrovirreyna, de Castrovirreyna y departamento de Huancavelica.</p>	<p>Variable Independientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • x1: cemento • x2: relave minero • x3: arena fina • x4: arena gruesa • x5: agua <p>Variable Dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistencia del concreto $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ 	<p>Tipo de Investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicada <p>Nivel de investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explicativo <p>Población: Población del distrito de Castrovirreyna, quienes hacen uso de concreto.</p> <p>Muestra: Se obtendrá en la relavera Pacococha-P Virreyna.</p> <p>Muestreo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intencional <p>Método: Analítico, deductivo, inductivo, síntesis, observacional y medición</p> <p>Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pre Experimental

CAPITULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 METODO DE LA INVESTIGACION

3.1.1 TIPO DE INVESTIGACION

El tipo de estudio de la presente investigación es APLICADA porque persigue fines de aplicación directos e inmediatos. Busca la aplicación sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de teorías. Esta investigación busca conocer para hacer y para actuar.

3.1.2 NIVEL DE INVESTIGACION

El nivel de investigación es el EXPLICATIVO., las investigaciones explicativas buscan especificar las propiedades importantes de los hechos y fenómenos que son sometidos a una experimentación de laboratorio o de campo.

3.2 METODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION

3.2.1 METODO DE ANALISIS DE DATOS

Analítico, deductivo, inductivo, síntesis, observacional y medición. Se tendrá que analizar el tipo de agregado, sus propiedades físicas y mecánicas, la resistencia de la base granular para pavimento.

3.2.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACION

El diseño general viene a ser Pre Experimental. Esta estrategia tiene como bibliografía especializada la traficación que explicamos a continuación

GE : 01 X 02

Dónde:

- G.E. : Grupo Experimental.
- 01 : Pre Test
- 02 : Post Test
- X : Manipulación de la Variable Independiente.

3.2.3 POBLACION

En el caso de nuestra investigación, la zona donde se realizó la investigación es la población del distrito de Castrovirreyna, quienes hacen uso del concreto, para fines de elaborar una infraestructura de tránsito ligero.

3.2.4 MUESTRA

Se obtendrá información de campo de la zona de estudio, la cual posteriormente se procesará en gabinete siguiendo una secuencia metodológica convencional para determinar las alternativas que resulten técnicas y económicamente factibles. Para comenzar se obtendrán muestras representativas del tramo del presente estudio.

La muestra se obtuvo en la Relavera Pacococha-P Virreyna a través de calicatas, de tres puntos al azar ubicados de bancos de material, de 30 kilogramos de cada muestra de relave minero.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las principales técnicas que se utilizarán en este estudio serán Ubicar bancos de material de mayor volumen, realizar calicatas y obtener muestras en bolsas impermeables y limpias.

INSTRUMENTOS

Los instrumentos a utilizar en estas técnicas será:

- Bolsas Impermeables limpias para la extracción de la muestra.
- Balanza Electrónica de 300 kg.
- Cuaderno de Campo
- Otros Útiles de Escritorio
- Movilidad

VALIDEZ DEL EQUIPOS Y CONFIABILIDAD

Los equipos e instrumentos a utilizar serán del laboratorio de mecánica de suelos.

3.4 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

Se realizara todos los ensayos necesarios para conocer las características geotécnicas de las muestras del material en estudio, de acuerdo de las Normas técnica ASTM e ITENTEC., obtenido los resultados en los formatos de laboratorio mecánica de suelos y ensayo de materiales para suelos y pavimentos (rígidos y flexibles).

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

En este capítulo se presentan las características de los insumos involucrados en las mezclas de concreto realizados.

3.4.1 CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM C566 – 97)

3.4.1.1 SECO

No existe humedad en el agregado. Se lo consigue mediante un secado prolongado en una estufa a una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}$ C.

3.4.1.2 SECO AL AIRE:

Cuando existe algo de humedad en el interior del árido. Es característica, en los agregados que se han dejado secar al medio ambiente. Al igual que en estado anterior, el contenido de humedad es menor que el porcentaje de absorción.

3.4.1.3 SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO:

Estado en el cual, todos los poros del agregado se encuentran llenos de agua. Condición ideal de un agregado, en la cual no absorbe ni cede agua.

3.4.1.4 HÚMEDO:

En este estado existe una película de agua que rodea el agregado, llamado agua libre, que viene a ser la cantidad de exceso, respecto al estado saturado superficialmente seco. El contenido de humedad es mayor que el porcentaje de absorción.

El agregado fino retiene mayor cantidad de agua que el agregado grueso.

El contenido de humedad de una muestra, estará condicionada por el estado en el que se encuentre dicho material, es decir que el contenido de humedad variará teniendo en cuenta la variabilidad climatológica.

En la presente práctica se determinará el contenido de humedad natural (actual) de nuestro agregado.

Los agregados pueden tener algún grado de humedad lo cual está directamente relacionado con la porosidad de las partículas. La porosidad depende a su vez del tamaño de los poros, su permeabilidad y la cantidad o volumen total de poros.

Las partículas de agregado pueden pasar por cuatro estados, los cuales se describen a continuación:

- **TOTALMENTE SECO:** Se logra mediante un secado al horno a 110°C hasta que los agregados tengan un peso constante. (Generalmente 24 horas).
- **PARCIALMENTE SECO:** Se logra mediante exposición al aire libre.
- **SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO (SSS):** En un estado límite en el que los agregados tienen todos sus poros llenos de agua pero superficialmente se encuentran secos. Este estado sólo se logra en el laboratorio.
- **TOTALMENTE HÚMEDO:** Todos los agregados están llenos de agua y además existe agua libre superficial.

La absorción y el contenido de humedad de los agregados deben determinarse de tal manera que la proporción de agua en el concreto puedan controlarse y se puedan determinar los pesos corregidos de las muestras.

El contenido de humedad en los agregados se puede calcular mediante la utilización de la siguiente fórmula:

$$W\% = \frac{W_{mh} - W_{ms}}{W_{ms}} * 100$$

Dónde:

- W_{mh} : peso de la muestra humedad (%)
- W_{ms} : peso de la muestra seca (g)
- $W(\%)$: contenido de humedad (g)

También existe la Humedad Libre donde esta se refiere a la película superficial de agua que rodea el agregado; la humedad libre es igual a la diferencia entre la humedad total y la absorción del agregado, donde la humedad total es aquella que se define como la cantidad total que posee un agregado. Cuando la humedad libre es positiva se dice que el agregado está aportando agua a la mezcla, para el diseño de mezclas es importante saber esta propiedad; y cuando la humedad es negativa se dice que el agregado está quitando agua a la mezcla.

3.4.1.5 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

W% < Abs (%).....1.44 < 1.65

Por lo que estamos en una de las condiciones del agregado en el cual el material esta Húmedo o mojado

3.4.2 CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 400.010):

La presente norma, establece el método de ensayo para determinar el contenido de humedad del agregado fino y grueso.

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

Los estados de saturación del agregado son como sigue:

FOTOGRAFIA 2: Formas de secado del agregado



Fuente: elaboración propia

3.4.2.1 EQUIPO Y MATERIALES:

- Balanza con sensibilidad de 0.1 g. y cuya capacidad no sea menor de 1kg.
- Recipiente adecuado para colocar la muestra.
- Estufa, capaz de mantener una temperatura de 105°C a 110°C.
- Recipiente. Se utiliza para introducir la muestra en el horno.

FOTOGRAFIA 3: Balanza y recipiente



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

3.4.2.2 PROCEDIMIENTO:

- Obtenemos una muestra de acuerdo con la norma ASTM D75 (tamaño máximo nominal de una muestra, que se define por ASTM C125 y por el ACI 116 como el menor tamiz por el cual la mayor parte de la muestra de agregado grueso debe pasar.)
- Reducimos nuestra muestra según la norma ASTM C 702 (por cuarteo o bifurcación de las muestras para su análisis), después que se ha obtenido el tamaño máximo nominal según ASTM C136.
- Aseguramos una muestra representativa de agregado para contenido de humedad y teniendo una masa no menor que la cantidad en la tabla siguiente. Proteger la muestra contra pérdidas de humedad previa determinación de la masa.
- Se coloca la muestra húmeda a ensayar en un depósito adecuado determinándose dicho peso (peso del recipiente + muestra húmeda). Con aproximación de 0.1%.

FOTOGRAFIA 4: Muestras húmeda de AF en las taras



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Llevar el recipiente con la muestra húmeda a una estufa, para secarla durante 24 horas a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Si se utiliza otra fuente de calor, revuelva la muestra durante el secado para acelerar el proceso y evitar sobrecalentamientos localizados. Cuando se use un horno microondas el resolver la muestra es opcional.
- PRECAUCION: Cuando se use un horno microondas, ocasionalmente están presentes minerales en los agregados que pueden causar que el material se sobrecaliente y explote. Si esto ocurre puede dañarse el horno microondas.
- El contenido de humedad superficial es igual a la diferencia entre el contenido total de humedad evaporable y la absorción, con todos los valores basados en la masa de una muestra seca. La absorción puede determinarse de acuerdo con el Método de ensayo de la Norma ASTM C127 o C128.

FOTOGRAFIA 5: Taras puestas en el horno a secar por 24 horas.



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Pesar el recipiente con la muestra seca (peso recipiente + muestra seca) y determinar la cantidad de agua evaporada.
- $H = |(\text{Peso recipiente} + M. \text{ Húmeda}) - (\text{Peso recipiente} + M. \text{ Seca})$

FOTOGRAFIA 06: Determinación peso de la muestra seca



Determinar luego el peso de la muestra seca
 $MS = (\text{Peso recipiente} + M. \text{ Secca}) - (\text{Peso recipiente})$

3.4.3 LA GRANULOMETRÍA. AASHTO T 2/ASTM D75

La granulometría se refiere a la distribución de las partículas del agregado. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones, de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados. Para nuestro caso analizaremos por separado el agregado grueso del fino, después de este análisis y gracias a estos datos podremos obtener además el tamaño máximo nominal y el módulo de finura de ambos agregados, los cuales serán muy importantes para el diseño de mezclas a realizar luego. Es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica (tamices).

3.4.3.1 PRIMERO:

Seleccionamos el material usando, Método estándar para el muestreo de agregados (AASHTO T 2/ASTM D75)

3.4.3.2 SEGUNDO:

Reducimos por cuarteo la muestra hasta obtener un espécimen reducido (AASHTO T 248/ASTM C702)

3.4.3.3 MODULO DE FINURA (MF):

Viene a ser la relación entre la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en cada uno de los tamices sumatorio (Nº 4, Nº 8, Nº 16, Nº 30, Nº 50, Nº 100) / 100.

3.4.3.4 SUPERFICIE ESPECÍFICA (SE):

Se define como la relación del área entre el volumen de una determinada partícula.

FUNDAMENTO TEÓRICO:

MODULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO (MF): La suma de los porcentajes retenidos acumulados de las mallas estándar para el agregado fino (Nº4, Nº8, Nº16, Nº30, Nº50, Nº100) todo entre 100

$$FM = (\% \text{ ret. Acum malla } (N^{\circ} 4, N^{\circ} 8, N^{\circ} 16, N^{\circ} 30, N^{\circ} 50, N^{\circ} 100))/100$$

MODULO DE FINURA DEL AGREGADO GRUESO (MF): La suma de los porcentajes retenidos acumulados de las mallas estándar para el agregado total todo entre 100

$$MF = (\% \text{ Ret. Acum. } (3''', 1 \frac{1}{2}''', \frac{3}{4}'', \frac{3}{8}'', N^{\circ} 4, N^{\circ} 8, N^{\circ} 16, N^{\circ} 30, N^{\circ} 50, N^{\circ} 100))/100$$

3.4.3.5 MATERIAL Y EQUIPO:

- Una Balanza con sensibilidad 1 gr.
- Juego de Tamices conformados por Nº 4, Nº 8, Nº 16, Nº 30, Nº 50, Nº 100.(Agregado. Fino)
- Juego de Tamices conformados por 3", 1 ½", ¾", 3/8", Nº4. (Agregado. Grueso)
- Una Estufa a temperatura constante de 110 °C.

3.4.3.6 PROCEDIMIENTO:

PARA EL AGREGADO FINO y GRUESO.

- Se tomó cierta cantidad de material y se colocó dentro de una estufa durante 24 horas con lo que se logró el secado del material.

FOTOGRAFIA 07: Muestra del agregado en peso



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Con una serie de tamices se confecciono una escala descendente en aberturas, dichos tamices fueron: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100.

FOTOGRAFIA 08: Juegos de tamices



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Se vierte el material sobre esta serie de tamices, se procede a pesar y registrar los pesos retenidos en cada uno de los tamices.

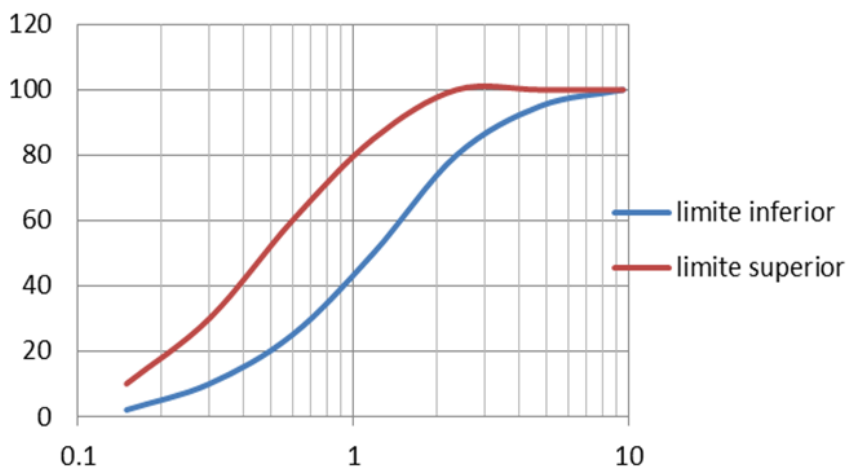
FOTOGRAFIA 09: Muestras retenidas en cada tamiz



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Según especificaciones técnicas el análisis granulométrico del agregado fino debe estar graduado dentro de los siguientes límites:
-

FOTOGRAFIA 10: Escala logarítmica para el análisis del agregado



Fuente: elaboración propia

3.4.4 PESO ESPECÍFICO (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN EN AGREGADOS FINOS ASTM 118 Y AGREGADOS GRUESOS ASTM 117.

3.4.4.1 PESO ESPECÍFICO

El peso específico de una sustancia se define como su peso por unidad de volumen.

Se calcula dividiendo el peso de un cuerpo o porción de materia entre el volumen que éste ocupa. En el Sistema Técnico, se mide en kilopondios por metro cúbico (kp/m^3). En el Sistema Internacional de Unidades, en newton por metro cúbico (N/m^3).

La densidad relativa es una característica generalmente utilizada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en varias mezclas incluido concreto con cemento.

3.4.4.2 PESO ESPECÍFICO APARENTE

Es la relación de la masa en el aire de un volumen unitario del material, a la masa en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de gas, a una temperatura especificada. Cuando el material es un sólido, se considera el volumen de la porción impermeable.

3.4.4.3 PESO ESPECÍFICO DE MASA

Viene a ser la relación entre la masa en el aire de un volumen unitario del material permeable (Incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales del material), a la masa en el aire (de igual densidad) de un volumen igual de agua destilada, libre de gas y a una temperatura especificada.

3.4.4.4 PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA

Tiene la misma definición que el Peso Específico de Masa, con la salvedad de que la masa incluye el agua en los poros permeables.

3.4.4.5 ABSORCIÓN

Capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergidos durante 24 horas en ésta, depende de la porosidad.

Esta particularidad de los agregados, que dependen de la porosidad, es de suma importancia para realizar correcciones en las dosificaciones de mezclas de concreto. Además esta influye en otras propiedades del agregado, como la adherencia con el cemento, la estabilidad química, la resistencia a la abrasión y la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo.

Es aconsejable, determinar el porcentaje de absorción entre los 10 Y 30 primeros minutos, ya que la absorción total en la práctica nunca se cumple.

3.4.4.6 PARA AGREGADO FINO.

- Peso Específico de Masa:

$$P_{em} = \frac{w_0}{v - v_a}$$

- Peso Específico de Masa SSS

$$P_{emsss} = \frac{500}{v - v_a}$$

- Peso Específico Aparente

$$P_{eap} = \frac{w_0}{(v - v_a) - (500 - w_a)}$$

- Porcentaje de Absorción

$$Ab\% = \frac{500 - w_0}{w_a} * 100$$

Dónde:

- w_0 = peso en el aire de muestra secada en la estufa
- v = volumen del volumenómetro usado
- v_a =peso en gramos o el volumen en cm³ del agua añadida al frasco

3.4.4.7 PARA AGREGADO GRUESO

- Peso Específico de Masa

$$Pem = \frac{A}{B - C}$$

- Peso Específico de Masa SSS

$$Pemsss = \frac{B}{B - C}$$

- Peso Específico Aparente

$$Peap = \frac{A}{A - C}$$

- Porcentaje de Absorción

$$Ab\% = \frac{B - A}{A} * 100$$

Dónde:

A= peso en el aire de muestra secada en la estufa

B= Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca

C=peso en el agua de muestra saturada superficialmente seca

3.4.4.8 ENSAYO DE HUMEDAD SUPERFICIAL:

Consiste en coger el molde firmemente en una superficie lisa no absorbente con el diámetro mayor hacia abajo. Colocar una porción del agregado fino parcialmente secado sin apretarlo en el molde hasta llenar el borde y compactar el material adicional por encima del molde para asentar esto, utilizando los dedos de la mano para mantener

el molde. Suavemente apisona el agregado fino dentro del molde 25 suaves caídas del pisón metálico. Comenzar a compactar aproximadamente 5 mm por encima de la superficie del agregado fino Despojar el desprendimiento de arena de la base y alzar el molde verticalmente. Si todavía hay humedad superficial presente, el agregado fino retendrá la forma del molde, si la muestra se disgrega levemente se obtendrá la condición saturada superficialmente seca.

3.4.4.9 CONO PROVISIONAL DE PRUEBA:

Llenar el molde como se describió anteriormente pero en una primera instancia solo utiliza 10 golpes para apisonamiento luego agregar más material y golpear 10 veces nuevamente luego agregar más el material, usando golpes .Usando 3 o 2 goles de apisonamiento respectivamente. En caso de tener un material poco cohesivo al humedecerse, se debe hallas toallas para encontrar el estado saturado SSS.

3.4.4.10 EQUIPO Y MATERIALES:

PARA AGREGADO FINO

- Balanza con sensibilidad 1 gr. Y capacidad de 5 kg.
- Frasco volumétrico (fiola con capacidad de 500cm³.)
- Molde cónico, metálico de $\varnothing < 4\text{cm}$ y $\varnothing > 8\text{cm}$ y con una altura de 9cm.
- Varilla de metal con un extremo redondeado
- Estufa, capaz de mantener una temperatura constante de 110 °C.

- Probeta o volumenómetro
- Secadora
- Picnómetro (uso con procedimiento gravimétrico).
- Frasco o matraz: Un frasco Le Chatelier, como se describe en la norma ASTM C188 es satisfactorio para a próximamente 55 gr de la prueba.

3.4.4.11 PROCEDIMIENTO:

PARA AGREGADO FINO

- Por el método del cuarteo se selecciona aproximadamente 1 kg 2 Kg de agregado, y se seca a 110°C hasta peso constante.

FOTOGRAFIA 11: Pesamos el AF para ensayarlo (2Kg)



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

FOTOGRAFIA 12 : Secamos la muestra hasta peso constante



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Se sumerge la muestra en agua durante 24 horas.

FOTOGRAFIA 13: Muestra de A.F. sumergida en agua



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Retire la muestra del agua y se extiende la muestra sobre una superficie no absorbente exponiéndola a aire caliente y se agita o remueve para seguir el secado uniforme. También se puede ir secando utilizando una secadora de pelo.

FOTOGRAFIA 14: Secado de la muestra hasta el estado SSS Con una secadora de pelo



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Continúe esta operación hasta que los granos de agregado no se adhieran entre sí marcadamente.
- Se coloca la muestra en un molde cónico y se consolida con 25 golpes de pisón en 3 capas. En la primera capa 8 golpes, en la segunda también y en la última 9.

FOTOGRAFIA 15: Colocando la 1° tercera parte de AF al cono



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

FOTOGRAFIA 16: Realizando los golpes para compactar la primera parte



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Si existe humedad libre el cono con A.F mantendrá su forma, siga secando y revolviendo constantemente y pruebe a intervalos hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde, esto indica que el agregado a alcanzado la condición saturado superficialmente sedo SSS.

FOTOGRAFIA 17: Muestra que aún no está en estado SSS



FOTOGRAFIA 18: Muestra en estado de SSS, puesto que se rebajó con referencia del principio



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Introduzca 500gr de la muestra SSS en una probeta, la cual se agregara previamente 100cm³ de agua y luego agregar o completar hasta los 500cm³ indicados en la fiola eliminando las burbujas de aire (utilizando la bomba de vacíos).

GRAFICO 19: Colocando el AF a la fiola



FOTOGRAFIA 20: Fiola con agregado más agua

Fuente: fotografía de trabajo de tesis



- Se retira la muestra con cuidado de la probeta y se seca en el horno a 105°C por 24 horas, luego se enfría la muestra a temperatura constante y luego se pesa. Siendo este último peso w_a .

FOTOGRAFIA 21: De la fiola a un depósito para ser secado en el horno



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

3.4.4.12 PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO (A.S.T.M. C 29 / C 29M – 90 PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO FINO:

Es el peso del material seco que se necesita para llenar cierto recipiente de volumen unitario.

El peso unitario de los agregados está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación (suelto o compactado).

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

Este método de ensayo permite determinar la densidad aparente (peso unitario) de un árido tanto en su condición compactada o suelta y calcular los huecos entre las partículas en los áridos finos, gruesos o mezclas de áridos, basada en la misma determinación. Este método se aplica a los áridos que no exceden las 5 pulg (125 mm) de tamaño máximo nominal.

3.4.4.13 PESO UNITARIO SUELTO:

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

$$P.U.Vs. = Wm * (f)$$

Dónde:

Wm = Peso neto del agregado suelto

f = Factor de corrección

P.U.Vs.= Peso unitario volumétrico suelto

3.4.4.14 PESO UNITARIO COMPACTO:

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

$$P.U.Vc. = Wm * (f)$$

Dónde:

Wm = Peso neto del agregado suelto

f = Factor de corrección

$P.U.Vc.$ = Peso unitario volumétrico compactado

EQUIPO Y MATERIALES USADOS

- Balanza, que permita lecturas de por lo menos 0.1 % del peso de la muestra.

FOTOGRAFIA 22: Balanza utilizada



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Barra compactadora de acero, circular, recta, de 5/8" de diámetro y 60 cm. de largo, con un extremo redondeado y un recipiente cilíndrico de metal, suficientemente rígido para condiciones duras de trabajo.

FOTOGRAFIA 23: Molde y barra compactadora utilizados en el ensayo



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

FOTOGRAFIA 24: Agregado fino extraído de la cantera



Fuente: fotografía de trabajo de tesis.

PROCEDIMIENTO

Procedimiento Para Calcular El Peso Unitario Volumétrico Suelto

- Pesamos el recipiente que vamos a utilizar en el ensayo (W_r).

FOTOGRAFIA 25: Pesado del recipiente sin muestra



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

Seleccionamos el agregado fino del cual se va a determinar su P.U.V.

- Llenamos el recipiente dejando caer el agregado desde una altura no mayor de 5 cm. por encima del borde superior del recipiente.

FOTOGRAFIA 26: Llenando el recipiente con el agregado fino



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Eliminamos el excedente del agregado con la varilla compactadora

FOTOGRAFIA 27: Eliminando el exceso de agregado



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Determinamos el peso de la muestra más el recipiente (W_{m+r}).

FOTOGRAFIA 28: Pesado del recipiente más la muestra sin compactar



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Determinamos el peso de la muestra y luego calculamos el P.U.V. mediante la fórmula mencionada anteriormente.

PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR EL PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO COMPACTADO

- Pesamos el recipiente que vamos a utilizar en el ensayo (W_r).

FOTOGRAFIA 29: Pesado del recipiente sin muestra



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Seleccionamos el agregado fino del cual se va a determinar su P.U.V.
- Llenamos el recipiente hasta la tercera parte dejando caer el agregado desde una altura no mayor de 5 cm. por encima del borde superior del recipiente.

FOTOGRAFIA 30: Llenando el recipiente con el agregado fino



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Apisonamos la muestra con la barra compactadora mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie

FOTOGRAFIA 31: Apasionando el agregado con la varilla compactadora (25 golpes)



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Llenamos hasta 2/3 partes del recipiente y compactar nuevamente con 25 golpes como ante.
- Luego llenamos la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora (varilla) de acero de 16 mm. de ancho y 60 cm., de longitud).

FOTOGRAFIA 32: Apisonando el agregado con la varilla compactadora (25 golpes)



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- luego enrazamos el recipiente utilizando la barra compactadora o con una regla y desechando el material sobrante.

FOTOGRAFIA 33: Enrazando el recipiente o Eliminando el exceso de agregado



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Determinamos el peso de la muestra compactada más el recipiente (W_{m+r}).

FOTOGRAFIA 34: Pesado del recipiente más la muestra compactada.



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Determinamos el peso de la muestra compactada y luego calculamos el P.U.V. mediante la fórmula mencionada anteriormente.

3.4.4.15 PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO: (Suelto Y Compactado)

Es el peso del material seco que se necesita para llenar cierto recipiente de volumen unitario.

El peso unitario de los agregados depende directa y estrictamente del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación (suelto o compactado).

EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza
- Barra compactadora de acero, circular, recta, de 5/8" de diámetro y 80 cm. de largo, con un extremo redondeado.
- Recipiente cilíndrico y de metal, suficientemente rígido para no sufrir deformaciones.
- Muestra en estado seco.
- Pingnometro

FOTOGRAFIA 35:/ Recipiente, barra compactadora y balanza



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

PROCEDIMIENTO

PESO UNITARIO COMPACTADO:

- Llenar el recipiente hasta la tercera parte y nivelar la superficie con la mano, apisonar la muestra con la barra compactadora mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Llenar hasta 2/3 partes del recipiente y compactar nuevamente con 25 golpes como antes. Luego se llenará la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora (varilla) de acero de 16 mm. de ancho y 60 cm., de longitud), se enrasa el recipiente utilizando la barra compactadora como regla y desechando el material sobrante.

FOTOGRAFIA 36: Primera etapa de compactación (25 golpes)



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

FOTOGRAFIA 37: Segunda etapa de compactación (25 golpes)



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

FOTOGRAFIA 38: Tercera etapa de compactación (25 golpes)



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

FOTOGRAFIA 39: Enrazado del agregado grueso



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

- Seguidamente se determinará el peso neto del agregado en el recipiente (W_a), para finalmente obtener el peso unitario compacto del agregado al multiplicar dicho peso

por el factor (f) calculado en anteriormente o el volumen interior del molde.

FOTOGRAFIA 40: Peso del agregado compactado



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

PESO UNITARIO SUELTO:

- El procedimiento a seguir para este método, fue el siguiente:
- Llenar el recipiente con una pala hasta rebosar, dejando caer el agregado desde una altura no mayor de 5 cm. por encima del borde superior del recipiente.
- Tomar las precauciones necesarias para impedir en lo posible la segregación de las partículas. Eliminar el excedente del agregado con una reglilla. Determinar el peso neto del agregado en el recipiente (W_s).

- Obtener el peso unitario suelto del agregado, multiplicando por el factor (t) calculado anteriormente.
- **FOTOGRAFIA 41: Agregado grueso en el ensayo de peso unitario suelto**



Fuente: fotografía de trabajo de tesis

CAPITULO IV RESULTADOS

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

I. Con la adición del “relave minero” en la **tabla de diseño de mezcla** de concreto $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, para tránsito ligero (método ACI), se logra incorporar a la dosificación, como relleno volumétrico a través de los resultados de sus características físicas, realizando los respectivos ensayos como Granulometría (NORMA AASHTO T-27, ASTM D422), contenido de humedad (NORMA ASTM D-4944 Y AASHTO T-217), peso específico y absorción (N.T.P. 400.022 ASTM C-128).

- **Calculo del volumen absoluto**

*Cemento : $7.9 \times 42.5/3.15/1000$:0.107
*Agua : $6.3 \times 3.785/1000$:0.024
*Aire Atrapado:0.01	:0.010
*Agregado grueso: $1036.00/2.5/1000$	<u>0.414</u>
	0.555
*Vol.Abs.Agr.fino: $1.000 - 0.555$	<u>0.445</u>
	1.000m ³
*Peso agr.fino seco suelto: $0.445 \times 2.4 \times 1000 = 1,068.00 \text{ Kg/m}^3$.	

- **Cantidad de los materiales por m3**

*Cemento: 7.9×42.5	: 335.75 Kg.
*Agua: 50×3.785	: 189.30 Lts.
*Agregado fino	: 1,068.00 Kg.
*Agregdo grueso	: 1,036.00 Kg.

- **Cantidad de material por bolsa**

*Cemento: 42.5	: 42.50 Kg.
*Agua: 0.56×42.5	: 23.80 Lts.
*Agregado fino. 3.18×42.5	: 135.15 Kg.
*Agregado Grueso. 3.09×42.5	: 131.25 Kg.
*Peso Agregado Fino 1580 / 35	: 45.14 Kg.
*Peso Agregado Grueso 1480 / 35	: 42.29 Kg.

- III. Con la influencia del uso de relave minero, en el diseño de mezcla de concreto $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ adicionando relave de Pacococha, para tránsito ligero (método ACI). El resultado de este proceso es la optimización del uso agregado fino, en un porcentaje de 50 %, y que se le da un apoyo al agregado fino que es la arena gruesa del Rio Ichu de Huancavelica, de acuerdo al módulo de fineza que contiene el relave minero.

4.2 DISCUSIONES

- I. Nuestra investigación nos lleva al uso favorable del “relave minero” para el diseño de mezclas (concreto de 175 kg/cm^2 tránsito ligero), en apoyo del agregado fino (arena gruesa 50%+relave minero 50%).De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio.
- II. Se evaluó la resistencia a compresión a 7, 14, y 28 días. Mostrando así: en el diseño estándar una RC promedio = 187 Kg/cm^2 y en el diseño adicionado con relave minero una RC promedio = 177 Kg/cm^2 .
- III. El resultado de este proceso es la optimización del agregado fino (arena gruesa) con esta adición del material arriba mencionado, en un porcentaje de 50%, de acuerdo al módulo de fineza que contiene.

CONCLUSIONES

De acuerdo a lo desarrollado en los capítulos anteriores y en base a los objetivos planteados al inicio del estudio se presentan las siguientes conclusiones.

- Con la adición del relave minero, a través de sus estudios físicos, en el método de diseño de mezcla A.C.I para concreto $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, fue obtener la relación del módulo de fineza del agregado fino, con el módulo de fineza del relave minero, para luego calcular en base a ello la proporción agua / cemento.
- El resultado de resistencia a compresión del diseño de mezcla estándar obtenido, utiliza en 1.00 M3 de concreto 8.0 bolsas de cemento, adquiriendo una resistencia a compresión a los 28 días, de 187 kg/cm^2 que equivale al 107 %. Mientras adicionando relave minero en el diseño de mezcla obtenida, utiliza en 1.00 M3 de concreto 7.9 bolsa de cemento, adquiriendo una resistencia a compresión a los 28 días, de 177 Kg/cm^2 , que equivale al 101 %.
- De acuerdo al estudio de diseño de mezcla aplicado, adicionando el relave minero, optimiza el uso del agregado fino (arena gruesa) en un porcentaje de 50 % que equivale a S/. 19.5 nuevos soles, por metro cubico de concreto.
- Así mismo se llegó a realizar el trabajo de investigación que los relaves mineros también pueden ser utilizados en acabos y asentamientos de muros de ladrillo, en proporciones 1:1, 3:1, 2:1, de acuerdo a los análisis de relave.

RECOMENDACIONES

En conformidad a lo concluido por el presente estudio se plantean las siguientes recomendaciones para los profesionales que trabajen con este tipo de materiales.

- Se propone como línea de aplicación futura estudiar el uso de los relaves mineros para incorporarlos en morteros para asentado de muros de albañilería, bloques de concreto vibrado, cimientos corrido, losas deportivas, veredas, mejoramiento de suelos. Con esto se tendría un abanico más amplio de aplicaciones prácticas para ser usadas en nuestro medio, de la construcción. trabajando con porcentajes en apoyo al agregado fino (arena gruesa), para obtener resistencias altas.
- Seguir trabajando con estos tipos de concreto, debido a que se demuestra que los relaves mineros pueden ser usados de manera segura sin que afecten negativamente las principales propiedades de los concretos convencionales.
- Tener en cuenta como parte importante la prueba de granulometría perfecta del agregado fino (arena gruesa), para un buen diseño de mezcla concreto $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$.
- Verificar la prueba de equivalencia de arena (por el grado de arcilla o finos no aptos para el diseño de mezcla concreto $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$. Que ocasionarían mayores gastos del cemento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FLAVIO ABANTO CASTILLO – Tecnología del concreto. Edición 2010
- ENRIQUE RIVVA LOPEZ – Diseño de Mezclas. Edición 2010.
- ENRIQUE RIVVA LOPEZ – Control del Concreto en Obra. Edición 2009
- Enrique Pasquel Carbajal, 1993. “Tópicos de tecnología del concreto en el Perú” – Colegio de Ingenieros del Perú.
- Gianfranco Otazzi Pasino, 2007. “Apuntes del curso de concreto armado I” – Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Enrique Rivva López, 1992. “Diseño de mezclas”- Editorial Hozlo S.C.R.L.
- MACROCONSULT, 2006. “Impacto económico de la actividad minera en el Perú” – Instituto de Ingenieros de minas del Perú.
- Aleksey Beresovsky de las Casas, 2006. “Estudio Experimental del comportamiento por desempeño de concreto lanzado reforzado con fibras metálicas” – Tesis PUCP.
- Banco central de reserva del Perú, 2009. “Consulta a series estadísticas del BCRP” – Publicación electrónica:
<http://estadisticas.bcrp.gob.pe/index.asp?sFrecuencia=A>
- “Norma Técnica Peruana de concreto armado E060” – Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

ANEXOS