



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y
Geográfica
Unidad de Posgrado

**“Evaluación geotécnica del agregado morrénico y su
influencia en la resistencia a la compresión y
durabilidad del concreto – Sapallanga – Huancayo -
Junín”**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Geología con
mención en Geotecnia

AUTOR

Janet Yéssica ANDÍA ARIAS

ASESOR

Mg. Víctor Abel TOLENTINO YPARRAGUIRRE

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Andía, J. (2019). *“Evaluación geotécnica del agregado morrénico y su influencia en la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto – Sapallanga – Huancayo - Junín”* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica / Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA



UNIDAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA



En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima, a los veinticinco días del mes de enero del 2019, siendo las 11:00 horas, se reúnen los suscritos miembros del JURADO EXAMINADOR DE TESIS, nombrado mediante Dictamen N.º 056/UPG-FIGMMG/2019 del 23 de enero del 2019, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TITULO

«EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DEL AGREGADO MORRÉNICO Y SU INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y DURABILIDAD DEL CONCRETO-SAPALLANGA-HUANCAYO-JUNÍN»

Que, presenta la Bach. **JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN GEOLOGÍA CON MENCIÓN EN GEOTÉCNIA**.

El secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente N.º 05098-FIGMMG-2013 del 10 de julio del 2013, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento de los Estudios de Doctorado».

Luego de la Sustentación de la Tesis, los miembros del Jurado Examinador procedieron a aplicar la escala descrita en el Art. 61 del precitado Reglamento, correspondiéndole a la graduando la siguiente calificación:

..... Aprobado (A)

Habiendo sido aprobada la sustentación de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN GEOLOGÍA CON MENCIÓN EN GEOTÉCNIA** a la Bach. **JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS**.

Siendo las 12:00 horas, se dio por concluido al acto académico

MG. ENRIQUE GUADALUPE GÓMEZ
Presidente

DR. HUMBERTO IVÁN PEHÓVAZ ÁLVAREZ
Secretario

MG. GAITHER GUZMÁN DE LA SOTA PÉREZ
Miembro

MG. LLOYD-WILLIAMS SOLORZANO POMA
Miembro

MG. VÍCTOR ABEL TOLENTINO YPARRAGUIRRE
Asesor

Dedicatoria

A DIOS por su inmenso amor y bendiciones, por su gran fuerza en este camino y sobre todo por estar siempre presente en mi vida caminando conmigo, a mis hijos que son mi fuerza y motor, a mi esposo, a mis padres y abuelita por comprenderme y apoyarme día a día. Y en especial a mi abuelito que, aunque no esté presente su recuerdo siempre es un incentivo para seguir.

Agradecimiento

A mi asesor Mg. Víctor Abel Tolentino Yparraguirre, quien en todo este proceso siempre supo guiarme, a la Unidad y Escuela de Post grado de la Facultad de Ingeniería Geología, Minera, Metalúrgica y Geográfica por su apoyo y atención agradable.

INDICE

Dedicatoria.....	3
Agradecimiento	4
RESUMEN.....	14
ABSTRACT	15
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	16
1.1. Situación Problemática:.....	17
1.2. Formulación del Problema	17
<i>1.2.1 Problema General:</i>	17
<i>1.2.2 Problemas Específicos:</i>	18
1.3. Justificación:	18
<i>1.3.1. Justificación Teórica</i>	19
<i>1.3.2. Justificación Práctica</i>	19
1.4. Objetivos de la investigación.....	19
<i>1.4.1 Objetivo General:</i>	19
<i>1.4.2 Objetivos Específicos:</i>	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Antecedentes del Problema	21
<i>2.1.1. Antecedentes Locales</i>	21
<i>2.1.2. Antecedentes Nacionales</i>	22
<i>2.1.3. Antecedentes Internacionales</i>	23
2.2 Bases Teóricas.....	25
2.2.1. Morrenas.....	25
<i>2.2.1.1 Formación</i>	26
<i>2.2.1.2 Clasificación</i>	27
2.2.2 Concreto:.....	27
<i>2.2.2.1 Resistencia a la Compresión del Concreto:</i>	28
<i>2.2.2.2 Durabilidad del Concreto:</i>	30
2.2.2.2.1 Factores que Afectan la Durabilidad del Concreto.....	30

Pasos Para Alcanzar una Adecuada Durabilidad	30
A. Acciones de Congelación y Deshielo	32
a) Efecto en la Pasta de Cemento	32
b) Efecto en los Agregados	33
c) Efecto entre la Pasta y los Agregados	33
B. Ambiente Químicamente Agresivo	33
C. Abrasión	34
D. Corrosión de Metales en el Concreto	34
E. Reacciones Químicas en los Agregados	35
2.2.2.3 Tipos de Diseño de Mezcla	35
A. Diseño de Mezcla de Concreto por Durabilidad	35
B. Diseño de Mezcla de Concreto por Resistencia	36
2.2.3 Geodinámica Interna	36
2.2.3.1 Geodinámica Regional	36
2.2.4 Geodinámica Externa	38
2.2.4.1 Por Meteorización Mecánica:	38
A. Cambio de Temperatura:	39
B. Acción de las Heladas:	39
C. Actividad Biológica	40
2.2.4.2 Por Meteorización Química	40
A. Por Oxidación	41
B. Por Disolución	41
C. Por Carbonatación	41
D. Por Hidrólisis	42
E. Por Hidratación	42
F. Ácidos Orgánicos	42
G. Reacciones de Intercambio	43
2.2.4.3 Potencial de Meteorización	43
2.2.4.4 Meteorización Diferencial	44
2.2.5 Características Geotécnicas de los sedimentos	44
2.2.5.1 Depósitos Coluviales	44
2.2.5.2 Depósitos Aluviales	45

2.2.5.3 <i>Depósitos Glaciares</i>	45
2.3. MARCOS CONCEPTUALES O GLOSARIO DE TERMINOS.....	46
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES	48
3.1. Hipótesis General.....	48
3.2. Hipótesis específicas	48
3.3. Identificación de Variables.....	48
3.3.1 <i>Variable Independiente</i>	48
3.3.2 <i>Variable Dependiente</i>	48
3.4 Operacionalización de las Variables	49
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	57
4.1 Tipo y Diseño de Investigación	57
4.1.1. <i>Tipo de Investigación</i>	57
4.1.2. <i>Diseño de la Investigación</i>	58
4.2 Unidad de Análisis	59
4.3 Población de Estudio.....	59
4.4 Tamaño de la Muestra	59
4.5 Selección de la Muestra.....	59
4.6 Técnicas de Recolección de Datos.....	60
4.7 Recolección de Datos.....	60
4.7.1 <i>Investigaciones Geotécnicas y ensayos de laboratorio</i>	61
4.7.1.1 <i>Exploraciones de Campo</i>	61
4.7.1.1.1 <i>Muestreo y Tomas de Muestras</i>	61
4.7.1.2 <i>Ensayos de Laboratorio</i>	62
4.7.1.2.1 <i>Ensayo de granulometría del agregado fino:</i>	62
4.7.1.2.2. <i>Ensayo de Granulometría del Agregado Grueso</i>	63
4.7.1.2.3 <i>Ensayo de Peso Específico y Absorción del Agregado Fino y del Agregado Grueso</i>	64
a) <i>Ensayo de peso específico del agregado fino:</i>	64
b) <i>Ensayo de peso específico del agregado grueso</i>	66
4.7.1.2.4. <i>Ensayo del Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Fino</i>	67
a) <i>Ensayo del Peso Unitario Suelto del Agregado Fino</i>	67
b) <i>Ensayo del Peso Unitario Compactado del Agregado Fino</i>	67

4.7.1.2.5 Ensayo del Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Grueso y Fino	68
a) Ensayo del peso unitario suelto del agregado grueso y fino	68
b) Ensayo del peso unitario compactado del agregado grueso y fino:	69
4.7.1.2.6 Ensayo de Contenido de Humedad del Agregado Fino y del Agregado Grueso	70
4.7.1.2.7 Ensayo de PH	71
4.7.1.2.8 Ensayo de Equivalente de Arena	73
4.7.1.2.9 Ensayo de Material que Pasa por la Malla 200	75
4.7.1.2.10 Ensayo de Abrasión de los Ángeles	76
4.7.1.2.11 Ensayo de Impurezas Orgánicas	78
4.7.1.2.12 Ensayo de Durabilidad al Sulfato de Magnesio	80
4.7.1.2.13 Ensayo de Cloruros del Agregado Fino y del Agregado Grueso	85
4.7.1.2.14 Ensayo de Sales del Agregado Fino y del agregado grueso	87
4.7.1.2.15 Ensayo de sulfatos del agregado fino y del agregado grueso	88
4.7.1.2.16 Ensayo de Carbonatación	90
4.7.1.2.17 Método De Ensayo Normalizado Para La Determinación De La Resistencia A La Compresión Del Concreto En Muestras Cilíndricas	93
CAPÍTULO V: GEOLOGÍA DEL VALLE DE HUANCAYO	97
5.1 Ubicación, Extensión y Accesibilidad de la Zona	97
5.2 Geología Regional	97
5.2.1 Geomorfología	97
5.2.2 Litoestratigrafía	99
5.3 Geología Local e Hidrografía	106
5.3.1 Estratigrafía	106
CAPÍTULO VI: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	108
6.1. Análisis, Interpretación y Discusión de resultados	108
6.1.1. Resultados de los Ensayos (resumen)	108
6.1.2. Resultados del Cuestionario realizado a especialistas en geotecnia.	120
6.1.3 Pruebas de Hipótesis	127
6.1.3.1. Hipótesis General:	127
6.1.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	131

CONCLUSIONES	135
RECOMENDACIONES.....	137
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	138
ANEXOS.....	142
PLANO DE UBICACIÓN	143
SECCIONES TRANSVERSALES	144

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura N° 1: Principales Rasgos Tectónicos Superficiales Presentes En El Perú Y En El Borde Occidental De Perú.....</i>	37
<i>Figura N° 2: Meteorización Mecánica</i>	39
<i>Figura N° 3: Agregado De Pilcomayo No Intemperizado Ni Meteorizado</i>	58
<i>Figura N° 4: Agregado De La Cantera De Sapallanga – Morrénico E Intemperizado</i>	58
<i>Figura N° 5: Granulometría Del Agregado Grueso</i>	64
<i>Figura N° 6: Peso Unitario Suelto Del Agregado Grueso</i>	69
<i>Figura N° 7: Peso Unitario Compactado Del Agregado Grueso</i>	70
<i>Figura N° 8: Contenido De Humedad Del Agregado</i>	71
<i>Figura N° 9: PH En Agregado</i>	72
<i>Figura N° 10: Equivalente De Arena.....</i>	74
<i>Figura N° 11: Material Que Pasa Por La Malla N°200.....</i>	76
<i>Figura N° 12: Abrasión De Los Ángeles</i>	78
<i>Figura N° 13: Impurezas Orgánicas Del Agregado Fino.....</i>	80
<i>Figura N° 14: Durabilidad Al Sulfato De Magnesio Del Agregado Grueso</i>	85
<i>Figura N° 15: Cloruros Solubles En El Agregado Grueso.....</i>	87
<i>Figura N° 16: Sales Solubles En El Agregado Grueso.....</i>	88
<i>Figura N° 17: Sulfatos Solubles En El Agregado Grueso</i>	90
<i>Figura N° 18: Vista del ensayo de Carbonatación de los especímenes con F'C= 210 kg/cm2 elaborado con agregado grueso y fino provenientes del distrito de Pilcomayo</i>	91
<i>Figura N° 19: Vista del ensayo de Carbonatación de los especímenes con F'C= 210 kg/cm2 elaborado con agregado grueso de baja intemperización</i>	91
<i>Figura N° 20: Vista del ensayo de Carbonatación de los especímenes con F'C=210 kg/cm2 con agregado grueso de media Intemperización</i>	92
<i>Figura N° 21: Vista del ensayo De Carbonatación de los especímenes con F'C=210 kg/cm2 con agregado grueso de alta intemperización</i>	92
<i>Figura N° 22: Vista de la rotura de espécimen con F'C=210 kg/cm2 elaborado con agregado grueso y fino provenientes del distrito de Pilcomayo</i>	95
<i>Figura N° 23: Vista de la rotura de espécimen con F'C=210kg/cm2 con agregado grueso de baja intemperización.....</i>	95
<i>Figura N° 24: Vista de la rotura de espécimen con F'C=210 kg/cm2 con agregado de media intemperización.....</i>	96
<i>Figura N° 25: Vista de la rotura de especímenes con F'C=210 kg/cm2 con agregado grueso de alta intemperización.....</i>	96

<i>Figura N° 26: Ubicación de la Cantera - Plano INGEMMET cuadrángulo 25 m – depósitos correspondientes a la 3ra Glaciación</i>	<i>107</i>
<i>Figura N° 27: Agregado morrénico de cantera Sapallanga – Río Chaclas subredondeado y redondeado.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura N° 28: Cantera de agregado morrénico lado izquierdo Sapallanga – Río Chaclas</i>	<i>108</i>
<i>Figura N° 29: Material morrénico eliminado a orillas del río Chaclas – margen derecha, no es utilizado como agregado.</i>	<i>109</i>
<i>Figura N° 30: Material morrénico dentro del cauce del río Chaclas – Sapallanga, que no es utilizado para agregados (agregado subanguloso).....</i>	<i>109</i>
<i>Figura N° 31: Diseño de mezcla por resistencia / Resistencia a la compresión kg/cm2 a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días agregado Pilcomayo</i>	<i>115</i>
<i>Figura N° 32: Diseño de mezcla por resistencia / Resistencia a la compresión kg/cm2 a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días agregado morrénico de baja intemperización</i>	<i>116</i>
<i>Figura N° 33: Diseño de mezcla por resistencia / Resistencia a la compresión kg/cm2 a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días agregado morrénico media intemperización</i>	<i>116</i>
<i>Figura N° 34: Diseño de mezcla por resistencia / Resistencia a la compresión kg/cm2 a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días agregado morrénico alta intemperización.....</i>	<i>117</i>
<i>Figura N° 35: Diseño de mezcla por durabilidad / Resistencia a la compresión kg/cm2 a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días Cantera Pilcomayo</i>	<i>117</i>
<i>Figura N° 36: Diseño de mezcla por durabilidad / Resistencia a la compresión kg/cm2 a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días agregado morrénico de baja intemperización</i>	<i>118</i>
<i>Figura N° 37: Diseño de mezcla por durabilidad / Resistencia a la compresión kg/cm2 a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días agregado morrénico de media intemperización.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura N° 38: Diseño de mezcla por durabilidad / Resistencia a la compresión kg/cm2 a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días agregado morrénico de alta intemperización</i>	<i>119</i>

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla N° 1: Clasificación de la arena por su módulo de finura</i>	63
<i>Tabla N° 2: MTC – Gradación De Muestras De Ensayo</i>	77
<i>Tabla N° 3: Color del líquido de la muestra de ensayo</i>	79
<i>Tabla N° 4: Tamices nominales</i>	81
<i>Tabla N° 5: Tamaño tamices normalizado de abertura cuadrado</i>	81
<i>Tabla N° 6: Tamaño de agregado y tamiz normalizado</i>	84
<i>Tabla N° 7: Tolerancias Permisibles</i>	93
<i>Tabla N° 8: Peso específico y absorción del agregado</i>	110
<i>Tabla N° 9: Peso unitario compactado y peso unitario suelto</i>	110
<i>Tabla N° 10: Contenido de Humedad</i>	111
<i>Tabla N° 11: PH en Agregados</i>	111
<i>Tabla N° 12: Equivalente de arena</i>	111
<i>Tabla N° 13: Pasante por la malla n°200</i>	112
<i>Tabla N° 14: Abrasión de los Ángeles</i>	112
<i>Tabla N° 15: Impurezas orgánicas</i>	112
<i>Tabla N° 16: Durabilidad Al Sulfato De Magnesio</i>	113
<i>Tabla N° 17: Cloruros En Agregados</i>	113
<i>Tabla N° 18: Sales Solubles En Agregados</i>	113
<i>Tabla N° 19: Sulfatos en agregados</i>	114
<i>Tabla N° 20: Diseño de Mezcla teórico por resistencia</i>	114
<i>Tabla N° 21: Diseño de Mezcla teórico por durabilidad</i>	115
<i>Tabla N° 22: Diseño de mezcla por durabilidad / Resistencia a la compresión kg/cm² a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días agregado morrénico de alta intemperización</i>	119
<i>Tabla N° 23: Diseño de mezcla por durabilidad / Resistencia a la compresión kg/cm² a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días agregado morrénico de alta intemperización</i>	120
<i>Tabla N° 24: ¿Cuál será el tamaño máximo del agregado morrénico de la cantera de Sapallanga – río Chaclas?</i>	120
<i>Tabla N° 25: ¿Cuál será la forma predominante del agregado morrénico de la cantera Sapallanga – río Chaclas?</i>	121
<i>Tabla N° 26: ¿Cuál será el nivel de intemperización del agregado morrénico de Sapallanga – río Chaclas?</i>	121
<i>Tabla N° 27: ¿Los agregados morrénicos no cumplen con el ensayo de abrasión para concreto F’C = 210 kg/cm²?</i>	122
<i>Tabla N° 28: ¿Las características de los agregados morrénicos cumplen con la norma E060? ...</i>	122
<i>Tabla N° 29: ¿Qué ensayo cumplen todas las muestras?</i>	123
<i>Tabla N° 30: ¿Qué problemas se presentan en agregados morrénicos con intemperización leve en la resistencia a la compresión del concreto?</i>	123
<i>Tabla N° 31: ¿Qué problemas se presentan en agregados morrénicos con intemperización media en la resistencia a la compresión del concreto?</i>	124

<i>Tabla N° 32: ¿Qué problemas se presentan en agregados morrénicos con intemperización alta en la resistencia a la compresión del concreto?</i>	<i>124</i>
<i>Tabla N° 33: ¿Qué problemas presentan los agregados morrénicos con intemperización leve en la resistencia a la compresión del concreto en el diseño por durabilidad?</i>	<i>125</i>
<i>Tabla N° 34: ¿Qué problemas presentan los agregados morrénicos con intemperización media en la resistencia a la compresión del concreto en el diseño por durabilidad?</i>	<i>126</i>
<i>Tabla N° 35: ¿Qué problemas presentan los agregados morrénicos con intemperización alta en la resistencia a la compresión del concreto en el diseño por durabilidad?</i>	<i>126</i>
<i>Tabla N° 36: Resistencia a la compresión del concreto con agregado morrénico</i>	<i>127</i>
<i>Tabla N° 37: Resistencia a la compresión del concreto por durabilidad del agregado morrénico</i>	<i>128</i>
<i>Tabla N° 38: Resistencia Del Agregado Morrénico</i>	<i>129</i>
<i>Tabla N° 39: De Resistencia Por Durabilidad Del Agregado Morrénico</i>	<i>130</i>

RESUMEN

Los agregados morrénicos de la cantera de Sapallanga – Río Chaclas, han sido evaluados geotécnicamente mediante ensayos de laboratorio obteniéndose sus propiedades físicas, así como también se han realizado otros ensayos de calidad del agregado y el diseño de mezcla por resistencia y por durabilidad. La evaluación visual de campo que se ha realizado permitió dividir el muestreo de los agregados morrénicos en tres grupos de baja intemperización, de media intemperización y de alta intemperización. Habiéndose obtenido los resultados de los ensayos de laboratorio de los agregados morrénicos se puede apreciar que superan el 100% de la resistencia de diseño a los 28 días. Los resultados de los ensayos de calidad de los agregados son coherentes con la división realizada de baja intemperización, media intemperización y alta intemperización. Asimismo, se puede verificar que los agregados morrénicos de la cantera de Sapallanga – Río Chaclas cumplen con los requisitos de calidad de los agregados según la Norma Técnica Peruana 400.037.

Palabras Clave: Agregados morrénicos, intemperización, ensayos de laboratorio, evaluación geotécnica.

Keywords: morrenic aggregate, weathering, laboratory tests, Geotechnical assessment.

ABSTRACT

Morrenic aggregates from the quarry of Sapallanga – Chaclas River, have been evaluated geotechnically through laboratory tests to obtain their physical properties. Likewise, other tests of aggregate quality and mix design by resistance and durability have been performed. The evaluation that was carried out allowed classifying the samples of morrenic aggregates into three groups: low weathering, medium weathering, and high weathering. After obtaining the results of the laboratory tests of morrenic aggregates, it was found that they surpass 100% of the design resistance at 28 days. Additionally, it was verified that morrenic aggregates of the Sapallanga - Chaclas Riveer quarry meet the quality requirements of aggregates established in the Peruvian Technical Standard 400.037.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación pretende caracterizar geotécnicamente el agregado morrénico, basándose en ensayos de laboratorio para determinar “las propiedades físicas de los agregados como el contenido de humedad, peso específico, absorción, peso unitario suelto, peso unitario compactado, etc. Otros ensayos realizados fueron los ensayos de equivalente de arena, abrasión de los ángeles, impurezas orgánicas, granulometría, sales solubles, sulfatos y cloruros, etc.” Este trabajo de investigación también permitirá evaluar la influencia de los agregados morrénicos en la resistencia a la compresión del concreto para un diseño de mezcla por resistencia y un diseño de mezcla por durabilidad, usando estos agregados con diferentes grados de intemperización (bajo, medio, alto) para ello se han elaborado probetas de concreto con un diseño de mezcla teórico para una resistencia de $f'c = 210$ kg/cm² y se han ensayado a diferentes edades del concreto; del mismo modo se ha evaluado el PH del concreto así como los posibles indicios tempranos de carbonatación. El diseño de mezcla teórico empleado fue por el método de finura debido a que la gradación de los agregados no permitía el uso de otro método.

Las canteras de agregados morrénicos son utilizados en muchas obras civiles en la ciudad de Huancayo, muchas de estas obras vienen presentados problemas como temprana fisuración o no alcanzan la resistencia de diseño especificada, muchos ingenieros consideran que estos agregados no deben ser utilizados por presentar resistencia a la compresión de las probetas por debajo del 100% del diseño de mezcla a los 28 días.

Los resultados de los ensayos de las propiedades físicas de los agregados nos permitió compararlos con la Norma Técnica Peruana NTP 400.037 – Requisitos de los agregados verificándose que cumplen con estos requisitos.

1.1. Situación Problemática:

La inadecuada utilización de los agregados morrénicos sin el debido conocimiento de sus características físicas y químicas hace que se elaboren concretos con menor resistencia y durabilidad en obras civiles.

En el valle del Mantaro existen una serie de canteras de origen morrénicos los cuales no cumplen con las características que nos propone la Norma E060 de Concreto armado, tanto el agregado fino y grueso al ser analizados de acuerdo con su intemperización, meteorización no cumplen con los estándares mínimos de algunos ensayos tales como abrasión de los Ángeles, durabilidad al sulfato de magnesio, equivalente de arena, entre otros.

Este hecho hace que el periodo útil de la obra civil desarrollada por el proyecto se acorte. “Los materiales morrénicos demuestran que existe una relación entre la litología madre de la morrena y sus características geotécnicas”. (XVIII Congreso Peruano de Geología - Comparación de características físicas y geotécnicas de depósitos morrénicos del Perú, para exploración de material de baja permeabilidad – 2016)

Con la tesis compararemos una cantera con diferentes grados de meteorización y evaluaremos sus características para poder elaborar concretos de diferentes resistencias y que cumplan con la resistencia a la compresión a los 28 días del 100% o más, con otra cantera que no morrénica.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1 Problema General:

El problema de investigación que tenemos en la provincia de Huancayo, región Junín es la evaluación de los agregados morrénicos de cantera para la elaboración del concreto a fin de que la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto no se vea afectado, para lo cual es necesario realizar ensayos de laboratorio de sus características físicas y químicas para establecer el cumplimiento de la normatividad y analizar hasta con qué grado de intemperización pueden ser utilizados los agregados morrénicos para la fabricación de concreto simple y/o armado. Los ensayos de

laboratorio se realizan cumpliendo los procedimientos que exige la norma en los tiempos estipulados por tipo de ensayo.

¿En qué medida las características de los agregados morrénicos de cantera influyen en la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto en Sapallanga, Provincia de Huancayo – Región Junín – 2018?

1.2.2 Problemas Específicos:

- a. ¿Cuáles serán las características de los agregados morrénicos extraídos de cantera en Sapallanga, Provincia de Huancayo – Región Junín – 2018?
- b. ¿En qué medida afecta los agregados morrénicos extraídos de cantera en la resistencia a la compresión del concreto en Sapallanga, Provincia de Huancayo – Región Junín – 2018?
- c. ¿Cómo afectan los agregados morrénicos de cantera en la durabilidad del concreto en Sapallanga, Provincia de Huancayo – Región Junín – 2018?

1.3. Justificación:

La justificación de nuestra investigación se centra en la necesidad de poder determinar ¿Como el uso de agregados morrénicos extraídos de cantera afecta en la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto en la Provincia de Huancayo? Con nuestra investigación se pretende dar a conocer hasta que nivel de intemperización un agregado morrénico puede ser utilizado para producir concreto sin afectar su resistencia a la compresión y durabilidad, cumpliendo con la Norma E 060. El sector construcción del valle del Mantaro contará con información importante en cuanto al uso de agregados morrénicos para la elaboración de concreto simple y concreto armado. Asimismo, el gobierno regional, los gobiernos locales y público en general podrán contar con características físicas y químicas de los agregados morrénicos cuyos límites sean aceptables para la fabricación de concreto, que cumplan con la resistencia y durabilidad del concreto. La investigación se justifica de manera económica ya que

los agregados morrénicos podrán ser utilizados en la fabricación de concreto, incorporándolos al proceso productivo del concreto y reduciendo sus costos de fabricación ya que actualmente muchos agregados morrénicos no se utilizan.

1.3.1. Justificación Teórica

La investigación se justifica de manera teórica – técnica por considerar los fundamentos, principios y propiedades del concreto en su resistencia a la compresión y durabilidad que genera el uso de los agregados morrénicos de cantera, no existe registros de investigaciones del agregado morrénico y sus diferentes grados de intemperización y su influencia en la resistencia a la compresión en el concreto, sólo en la actividad de la ingeniería se indica que no es un agregado pétreo que influya positivamente en la resistencia a la compresión del concreto.

1.3.2. Justificación Práctica

La investigación se justifica de manera práctica porque se pretende determinar el nivel de intemperización de un agregado morrénico para ser utilizado en la producción de concreto sin afectar su resistencia a la compresión y durabilidad, cumpliendo con la Norma E 060, en la actualidad en la cantera de Sapallanga el agregado grueso morrénico ya no es utilizado para la fabricación de concreto.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo General:

Determinar las características geotécnicas de los agregados morrénicos de cantera y su influencia en la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto en Sapallanga, Provincia de Huancayo – Región Junín – 2018.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- a.** Caracterizar geotécnicamente a los agregados morrénicos extraídos de cantera en Sapallanga, Provincia de Huancayo – Región Junín.
- b.** Verificar si los agregados morrénicos extraídos de cantera afectan en la resistencia a la compresión del concreto en Sapallanga, Provincia de Huancayo – Región Junín – 2018.
- c.** Analizar si los agregados morrénicos extraídos de cantera afectan en la durabilidad del concreto en Sapallanga, Provincia de Huancayo – Región Junín – 2018.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

2.1.1. Antecedentes Locales

En la ciudad de Huancayo se realizan constantemente obras de concreto y se usan los diferentes agregados de la zona que pueden ser coluviales, fluviales, morrénicos, entre otros.

Las canteras que tenemos presentan agregados morrénicos en diferentes grados de meteorización, algunos levemente meteorizados, otros medianamente meteorizados y otros altamente meteorizados, se cumple con realizar un diseño de mezcla teórico en el que solo se realizan ensayos tales como: granulometría, pesos específicos de los agregados, peso unitario suelto, peso unitario compactado, absorción, con estos resultados se procede a realizar el diseño de mezcla teórico en donde nos dan resultados de dosificación de los agregados, agua y cemento. Sin embargo, el diseño práctico para la verificación de estos resultados prácticamente no se realiza, por lo que se debería de precisar en la norma E060 que es imprescindible realizar el diseño de mezcla práctico a fin de verificar que el diseño de mezcla teórico tanto por resistencia y por durabilidad alcancen la resistencia de diseño. El problema se ve reflejado cuando se realizan los ensayos de compresión de las probetas es ahí donde muchas veces no se llegan a la resistencia de diseño teniendo para ello muchas causas que pueden ser: agregado no competente, dosificación en obra distinta a la de diseño, mala preparación de las probetas, etc.

Generalmente los agregados morrénicos presentan este tipo de problema, por ello es nuestra investigación a fin de determinar hasta qué grado de intemperización del agregado morrénico debería utilizarse con la finalidad de que no afecte la resistencia del concreto.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Pérez, J. y colaborador. (1985), en su trabajo de investigación titulado: “Comportamiento de los áridos en la mezcla de concreto” realizada indica que “el comportamiento del agregado fino y grueso con diferentes módulos de finura y grupos granulométricos, Cajamarca; para lo cual se tomó una cantera ubicada en el río Mashcón (Kilómetro 3 de la carretera Cajamarca – Bambamarca); donde se determinó que los agregados cumplían con los límites permisibles de Material Muy Fino (MMF) según las normas, con un agregado fino con un 2.93 % MMF y un agregado grueso con un 0.94% de MMF. Valores, muy similares a los obtenidos en el presente trabajo de investigación”.

Linares, J. y colaborador (1984), en la tesis titulada: “Elaboración de especímenes de concreto utilizando mezcladora con variación en el tiempo de mezclado y en la relación agua/cemento realizaron estudios de las propiedades de los agregados, tomando otra cantera del río Mashcón (a 50 metros del puente Cajamarca – Santa Barbará), donde determinaron que los agregados, también, cumplían con los límites permisibles de MMF según las normas, con un agregado fino con un 1.62 % de MMF y un agregado grueso con un 0.33 % de MMF; observándose que en este caso se obtuvo menores valores de MMF”.

PNUD-INDECI, (2004) en su trabajo titulado “Estudio del mapa de peligros de la ciudad del Cuzco” define a los Depósitos morrénicos, denominados también como cuaternario morrénicos. “Es un conjunto sedimentario caótico donde se observan clastos de diferentes tamaños y su litología es mayormente de areniscas rojas envueltas en brechas, limolitas y arcillas. Su edad es de fines del pleistoceno (desglaciación)”.

“Instituto Nacional de Recursos Naturales - Intendencia de Recursos Hídricos - Administración Técnica del distrito de riego Ramis, (2003)” en su edición “Inventario de fuentes de agua subterránea en la cuenca del río Ramis – Puno” indica que los Depósitos Morrénicos son Morrenas glaciales pleistocénicas compuestas de till sin estratificación son comunes en áreas con una altitud aproximada de 4500 m.s.n.m. y en valles glaciares que parecen haberse extendido en algunos lugares, como al este del valle Crucero y Ananea, a una altitud de aproximadamente 4200 m.s.n.m. Morrenas laterales se

distribuyen ampliamente en áreas de tierras firmes donde forman crestas rectas o arqueadas hasta de varios km.

Pfuyo K., (2015) en su trabajo de investigación titulada “Adaptación del Método del Diseño de Mezclas ACI 211.1 Mediante Reajuste de Valores de Relación A/C Para Cemento Portland Puzolánico Tipo IP y Agregado de las Canteras de Vicho y Huambutío” Llego a la siguiente conclusión: “Esta investigación está enfocada en el análisis y comparación de los diferentes diseños de mezcla con resistencias a la compresión de 175 kg/cm² , 210 kg/cm² y 280 kg/cm² , que son posibles realizar con diferentes tipos de revenimiento (slump 1"- 2" , 3 "- 4" , 6 "- 7") con la utilización cemento Portland Puzolánico tipo IP y agregados de la cantera de Vicho y la de Huambutio, para posteriormente buscar una mejora en la curva de la relación agua/cemento versus resistencia a la compresión para cada diseño de mezcla”.

2.1.3. Antecedentes Internacionales

Sánchez De Guzmán, (1996) en su trabajo de investigación titulado “Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del concreto en cilindros de concreto de 15 cm x 30 cm” – de la facultad de ingeniería de la Universidad Veracruzana – 2014 indica que “la Resistencia del agregado grueso en mayor medida que el fino, va a resultar relacionado con el comportamiento de las resistencias del concreto, por su aporte en tamaños de grano dentro de la masa de la mezcla. En tal sentido, una de las posibilidades de ruptura de la masa es por medio del agregado grueso (las otras son por la pasta y por la interface de contacto entre pasta y agregado. De esta manera, la resistencia de los agregados cobra importancia y se debe buscar que éste nunca falle antes que la pasta de cemento endurezca. La falla a través del agregado grueso se produce bien sea porque tiene una estructura pobre entre los granos que constituyen las partículas o porque previamente se les han inducido fallas a sus partículas durante el proceso de explotación, o por un inadecuado proceso de trituración”. “El diseño de mezclas de concreto es un proceso que consiste en la selección de ingredientes disponibles (cemento, agregados, agua y aditivos) y la determinación de sus cantidades relativas para producir concreto con el grado

requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiere las propiedades de resistencia, durabilidad, peso unitario, estabilidad de volumen y apariencia”.

Martínez, R. (2009) en su trabajo de investigación titulado “Calidad de dos bancos de agregados para concreto, en el departamento de Chiquimula”, para obtener el título profesional de la facultad de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, indica que “el agregado grueso debe consistir en grava, grava triturada, piedra triturada, escoria de alto horno enfriada al aire, o concreto de cemento hidráulico triturado, o una combinación de ellos”. “El concreto de cemento hidráulico triturado ha sido utilizado como un agregado de resultados dictaminados como satisfactorios, su utilización puede exigir algunas precauciones adicionales. Los requisitos del agua de mezclado pueden ser incrementados debido a la aspereza del agregado. El concreto parcialmente deteriorado, utilizado como agregado, puede reducir la resistencia al congelamiento descongelamiento, afectar las propiedades de vacíos de aire o degradarse durante la manipulación, mezclado o colocado”.

Jaramillo, L. (2009) en su trabajo de investigación titulado “Evaluación del jugo de fique como aditivo oclisor de aire y su influencia en la durabilidad y resistencia del concreto” Se han Planteado diferentes estudios y tesis en donde el principal material estudiado es el de cantera que puede ser para la elaboración del concreto tales como el “Proyecto de Grado para optar el Grado de Magister en Ingeniería de Materiales y Procesos presentado a la Universidad Nacional de Colombia – Facultad de Minas – Escuela de Ingeniería Materiales – Medellín, 2009”, en donde “el problema que presentaba la actividad agrícola, de la mayoría de los países suramericanos, genera en muchos casos numerosos residuos, lo que conlleva un gran impacto ambiental y una preocupación sobre el adecuado manejo de los mismos. La posibilidad de su uso en la industria de la construcción disminuiría esos impactos, produciría valor agregado a los cultivadores y ofrecería alternativas a los productores de materiales de construcción. Conscientes de la importancia de la utilización de los residuos industriales y agroindustriales, se ha trabajado con distintos materiales residuales de origen agrícola, buscando sus posibles aplicaciones en morteros y hormigones”.

López, (2011) en su trabajo de investigación titulada “Influencia del porcentaje de adición de la micro sílice y del tipo de curado, en la penetración del ion cloruro en el concreto de alto desempeño”, **Universidad Nacional de Colombia**; “el principal objetivo principal de esta tesis fue determinar la influencia de la adición de micro sílice sobre el comportamiento del Concreto de Alto desempeño (HPC) ante los cloruros, las muestras producidas se pusieron en contacto con una solución salina durante 4 meses con el fin de medir la penetrabilidad del ion. Las conclusiones a las que llegaron son: - Se determinó que el origen de los agregados gruesos influye directamente en la resistencia a compresión y en el módulo de elasticidad del Concreto de Alto Desempeño, generándose mejores resistencias en los agregados de origen metamórfico- ígneo, que, en agregados de origen sedimentario, esto debido al mecanismo de falla del HPC el cual se produce por el agregado”. “La correlación entre la resistencia a compresión del HPC y la velocidad de pulso ultrasónico, no evidencia resultados adecuados para el uso de esta metodología como medio de predecir la resistencia a compresión por este método, caso contrario con el módulo de elasticidad en donde la correlación entre estos dos ensayos evidencia mayor confiabilidad para el uso de esta metodología en el cálculo de esta propiedad del concreto, entre otras”.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1. Morrenas

“Depósito de material depositado por la acción de un glaciar, formado por una mezcla desordenada de materiales cuyas partículas presentan tamaños desde micrómetros hasta metros. Diccionario Básico Geotécnico” (Hoyos, 2001).

“Conjunto de materiales (till) arrastrados y arrancados por el glaciar durante su discurso, que se va depositando en formas de líneas a lo largo del curso de este, suelen formar cordilleras de este material sedimentado que se denomina tillitas. El término, morrena, tiene origen francés y fue acuñado por los campesinos para referirse a los rebordes y terraplenes de derrubios encontrados cerca de los márgenes de glaciares en los Alpes

franceses y se emplea fundamentalmente para referirse al aspecto morfológico del depósito. El material, que puede variar en tamaño desde rocas y peñascos hasta arena y arcilla, no está estratificado cuando es depositado por el glaciar, y no muestra ordenamiento o estructura de capas, solo depende de cómo fueron depositadas por el glaciar”. <https://www.ecured.cu/Morrenas>

2.2.1.1 Formación

“Las morrenas se forman debido a las grandes acumulaciones de till, que ha sido transportado y depositado por el hielo (glaciares). Este transporte de material puede hacerse de tres formas:

1. En la superficie del hielo. Los derrubios de roca compuestos de material meteorizado y material que cae al glaciar para formar una morrena lateral. Cuando dos glaciares se unen, se juntarán dos morrenas laterales formando una morrena o morrenas medianas. No debe olvidarse que las morrenas laterales y medianas son sólo rasgos transitorios de la superficie del hielo.
2. En el hielo. El material llevado en el interior del hielo se denomina endoglaciar.
3. Bajo el hielo. El material que es transportado en la base del glaciar y que lleva a cabo gran parte de la acción de desgaste se denomina morrena subglaciar.

Los fragmentos de rocas transportados por el hielo son depositados, bien cuando éste se funde o por corrientes subglaciares, tales deposiciones aparecen durante un período en el que el hielo ni avanza ni retrocede, y da como resultado una morrena terminal. Cuando el hielo retrocede se forman una serie de morrenas de retroceso, representando cada morrena un alto temporal en el retroceso. En caso de que el hielo avance a través de una morrena, los sedimentos pueden llegar a retroceder y plegarse, produciendo frecuentemente estructuras que parecen debidas a una deformación tectónica. Estas formas se conocen como una morrena de empuje.

La morrena de fondo es la capa de derrubios abandonada tras un retroceso continuo del hielo. El material de morrena es generalmente una masa heterogénea de sedimentos, cuyo tamaño varía desde el grado de arcilla al de cantos rodados, y está sujeta a modificaciones y destrucciones posteriores por la acción de las aguas originarias de la fusión de hielo”. <https://www.ecured.cu/Morrenas>

En la cantera de Sapallanga que está ubicada en el río Chaclas se tienen materiales desde cantos rodados, subredondeados y angulosos en toda la longitud del río Chaclas.

2.2.1.2 Clasificación

“Atendiendo a que provoca su formación se clasifican en:

1. Morrenas laterales. El depósito de los materiales fragmentados se sitúa en las orillas del lecho glaciar.
2. Morrenas centrales: El depósito se ubica en la unión de las morrenas laterales, en la confluencia de dos glaciares en el mismo valle.
3. Morrenas de fondo: El depósito se sitúa bajo el hielo, en contacto con el lecho o sustrato.
4. Morrenas Terminales/Frontales: El depósito de los arrastres de materiales fragmentados ocurre en la zona de deshielo del glaciar.
5. Morrena de ablación: Son aquellas que han sido sedimentadas sobre el lecho del glaciar. Presentan materiales heterogéneos, pero lo más característico es la presencia de grandes bloques dispersos a lo largo del trayecto, llamados bloques erráticos.

Las morrenas de fondo pueden ocupar grandes extensiones, teniendo, por lo general, un espesor de varias decenas de metros. Las terminales y laterales son de extensión más reducida, aunque la potencia puede ser mucho mayor; las primeras marcan las distintas posiciones del frente glaciar en el transcurso de su retroceso; están formadas por materiales transportados tanto sobre el fondo como sobre la superficie o el interior de la masa glaciar. Por el contrario, las laterales contienen fundamentalmente material del interior del glaciar o transportado en su superficie”. <https://www.ecured.cu/Morrenas>

2.2.2 Concreto:

“El Concreto, es un material pétreo artificial que se obtiene al mezclar en determinadas proporciones cemento, agregados gruesos y finos, con agua; éste junto con el agua forman una pasta que rodea a los agregados, dando por resultado un material de gran durabilidad que fragua y endurece, incrementando su resistencia con el paso del tiempo. El concreto

simple es resistente a la compresión, pero es débil a tracción, por lo cual se debe armar convenientemente con barras de acero que absorben los esfuerzos de tracción y evitan la formación de grietas en la masa del concreto” (Fratelli, 1998).

“El concreto es uno de los materiales más usados en la construcción, por lo que es controlado tanto en su producción como en su colocación. El método más utilizado en Perú es el que proporciona el Instituto Americano del Concreto (ACI), con ello se pueden diseñar concretos normales de peso ligero con cierta resistencia, concretos pesados y concretos con características especiales. Es la unión de cemento, agua, aditivos, grava y arena lo que nos da una mezcla llamada concreto. El cemento representa sólo el 15% en la mezcla del concreto por lo que es el que ocupa menor cantidad en volumen; sin embargo, su presencia en la mezcla es esencia”.

<http://www.unicon.com.pe/principal/categoria/de-alto-desempeno/121/c-121>

2.2.2.1 Resistencia a la Compresión del Concreto:

“Resistencia a la compresión del concreto empleado en el diseño y evaluada de acuerdo con las consideraciones del diseño, expresada en MPa. Cuando dicha cantidad esté bajo un signo radical, se quiere indicar sólo la raíz cuadrada del valor numérico, por lo que el resultado está en MPa”. Norma E 060 Concreto Armado.

“La resistencia a la compresión de las mezclas de concreto se puede diseñar de tal manera que tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad, que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura”. “La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras”. “La resistencia a la compresión se mide rompiendo probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión, en tanto la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en mega pascales (MPa) en unidades SI”. “Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde 17 MPa para concreto residencial hasta 28 MPa y más para estructuras comerciales”. “Para determinadas aplicaciones se especifican resistencias superiores hasta de 170 MPa y más. ¿Por qué se determina la resistencia a la compresión? • Los resultados de las pruebas de

resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada, $f'c$, del proyecto”. • “Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de cilindros moldeados se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras, para programar las operaciones de construcción, tales como remoción de cimbras o para evaluar la conveniencia de curado y protección suministrada a la estructura”. “Los cilindros sometidos a ensayo de aceptación y control de calidad se elaboran y curan siguiendo los procedimientos descritos en probetas curadas de manera estándar según la norma ASTM C31 “Práctica estándar para elaborar y curar cilindros de ensayo de concreto en campo”. Para estimar la resistencia del concreto insitu, la norma ASTM C31 formula procedimientos para las pruebas de curado en campo”. Las probetas cilíndricas se someten a ensayo de acuerdo con ASTM C39, “Método estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto”. • “Un resultado de prueba es el promedio de, por lo menos, dos pruebas de resistencia curadas de manera estándar o convencional elaboradas con la misma muestra de concreto y sometidas a ensayo a la misma edad. En la mayoría de los casos, los requerimientos de resistencia para el concreto se realizan a la edad de 28 días”. “Decreto Supremo 010-2009-Vivienda del 08 de mayo del 2009, Norma Técnica de Edificación E060”

“Así mismo la resistencia de un concreto, normalmente aumenta con la edad. Dicho aumento se produce muy rápidamente durante los primeros días posteriores a su colocación, resultando más gradual al transcurrir el tiempo, aún continuará incrementándose en una proporción más reducida durante un período de tiempo indefinido. La resistencia a compresión de un concreto a los 28 días, determinada de acuerdo con los ensayos normalizados y suponiendo que haya sido curado en forma correcta, se emplea generalmente como índice de calidad de este”. (Rivera, G. pág. 121).

2.2.2.2 Durabilidad del Concreto:

“Es la habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, la abrasión, o cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzca deterioro del concreto”.

“Según el comité 201 del ACI, la durabilidad del concreto se define como su resistencia a la acción del clima, a los ataques químicos, a la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro. De tal manera que un concreto durable debe mantener su forma original, su calidad y sus propiedades de servicio al estar expuesto a su medio ambiente. Cabe resaltar que la durabilidad depende de las propiedades del concreto y las prácticas de colocación, no obstante, también es función de las condiciones ambientales que le rodean. Estas condiciones afectan su durabilidad del concreto pueden ser de origen físico o químico. En su mayoría estos factores se presentan en combinación manifestándose en la aparición de manchas, eflorescencias o fisuras”. (Niño, 2010).

2.2.2.2.1 Factores que Afectan la Durabilidad del Concreto

“Los factores que afectan la durabilidad del concreto son aquellos que producen el deterioro de este.

Estos factores se clasifican en 5 grupos:

- ✓ Congelamiento y Deshielo
- ✓ Ambiente químicamente agresivo
- ✓ Abrasión
- ✓ Corrosión de metales en el concreto
- ✓ Reacciones químicas en los agregados”

<http://tecnologia17118.blogspot.com/p/durabilidad-del-concreto-1.html>

Pasos Para Alcanzar una Adecuada Durabilidad

“Para alcanzar una adecuada durabilidad, se deben seguir algunos pasos”:

- ✓ “Elección de materiales: El concreto difícilmente será durable, si sus materiales constituyentes (agua, agregados, cemento, aditivos y/o adiciones); no son los más adecuados o no cumplen con las especificaciones”.

- ✓ “Dosificación: La resistencia de un concreto, no es por sí sola, una medida de durabilidad. Es importante diseñar la mezcla de forma adecuada, considerando las características de los materiales que se tienen (agregados, cemento); así como las condiciones ambientales a las que estará sometida la estructura”.
- ✓ “Fabricación y puesta en la obra: Es importante seguir algunas recomendaciones básicas para garantizar la durabilidad del concreto”.
- ✓ “Mezclado durante el tiempo suficiente, para obtener un material homogéneo”.
- ✓ “Transporte que mantenga la homogeneidad, evite la segregación, y principio de endurecimiento”.
- ✓ “Colocación correcta de las armaduras, utilizando elementos separadores para garantizar que, en cualquier circunstancia, van a respetarse los recubrimientos mínimos, especificados en el proyecto”.
- ✓ “Vertido correcto del concreto, que impida su segregación”.
- ✓ “Empleo del concreto con la consistencia que permita rellenar perfectamente todas las partes de la pieza colocada”.
- ✓ “Evitar la mala práctica de añadir agua para que el concreto “corra”; si fuese necesario utilizar un aditivo, para resolver el problema de trabajabilidad y no comprometer la resistencia y durabilidad del concreto”.
- ✓ “Compactación adecuada que evite la segregación y porosidad”
- ✓ “Curado que garantice la hidratación suficiente del cemento y el correcto endurecimiento del concreto”.
- ✓ “Sustancias agresivas al concreto: Algunos gases o líquidos, son particularmente agresivos al concreto, por lo que se deben tomar medidas, para su control, y consideración en el diseño de mezcla. Entre ellas se tienen: gases o líquidos ácidos o con sulfatos, aceites vegetales, tierras o suelos con humus y sales cristalizadas”.

<http://tecnologia17118.blogspot.com/p/durabilidad-del-concreto-1.html>

A. Acciones de Congelación y Deshielo

- ✓ “El congelamiento y deshielo, constituye un agente de deterioro que ocurre en los climas en que la temperatura desciende hasta provocar el congelamiento del agua contenida en los poros capilares del concreto”.
- ✓ “En términos generales el fenómeno se caracteriza por introducir esfuerzos internos en el concreto que pueden provocar su figuración reiterada y la consiguiente desintegración”.
- ✓ “Este fenómeno, se da tanto a nivel de la pasta de cemento, como en los agregados de manera independiente, así como en la interacción de ambos por lo que su evaluación debe abordar cada uno de estos aspectos”.

<http://tecnologia17118.blogspot.com/p/durabilidad-del-concreto-1.html>

a) Efecto en la Pasta de Cemento

“Existen dos teorías que explica el efecto en el concreto:

- ✓ **Presión Hidráulica**, considerando del grado de saturación de los poros capilares y poros gel, la velocidad de congelación y la permeabilidad de la pasta, al congelarse el agua en los poros esta aumenta de volumen y ejerce presión sobre el agua aun en estado líquido, ocasionando tensiones en la estructura resistente. Si estas tensiones superan los esfuerzos últimos de la pasta, se producen la rotura.
- ✓ **Presión Osmótica**, asume las mismas consideraciones iniciales de lo anterior, pero supone que al congelarse el agua en los poros cambia la alcalinidad del agua aun en estado líquido.

Bajo ambas teorías al producirse el descongelamiento o deshielo, se liberan las tensiones al repetirse este ciclo muchas veces se produce la rotura por fatiga de la estructura de la pasta, si es que no se produjo inicialmente”.

<http://tecnologia17118.blogspot.com/p/durabilidad-del-concreto-1.html>

b) Efecto en los Agregados

“En los agregados existe evidencia de que por los tamaños mayores de los poros capilares se producen generalmente presiones hidráulicas y no osmóticas; con esfuerzos internos similares a los que ocurren en la pasta de cemento. Por otro lado, cuando menor sea la capacidad del agregado para absorber agua, menor será el efecto del congelamiento interno de la misma que tienen baja durabilidad ante la acción de ciclos de congelación, son aquellos con un grado de porosidad de moderado a alto, lo que les permite retener y mantener un grado de saturación relativamente alto, cuando se encuentran incorporados ya en el concreto”.

<http://tecnologia17118.blogspot.com/p/durabilidad-del-concreto-1.html>

c) Efecto entre la Pasta y los Agregados

Existe la denominada “Teoría Elástica” que considera “un efecto mixto de los agregados sobre la pasta; ya que al congelarse el agua dentro de ellos se deforman elásticamente sin romperse por tener una estructura más resistente que la del cemento y ejercen presión directa sobre la pasta generando tensiones adicionales a las ocasionadas en el cemento independientemente”.

<http://tecnologia17118.blogspot.com/p/durabilidad-del-concreto-1.html>

B. Ambiente Químicamente Agresivo

“El concreto es un material que en general tiene un comportamiento satisfactorio ante diversos ambientes químicamente agresivos”.

“El concepto básico reside en que el concreto es químicamente inalterable al ataque de agentes químicos que se hallan en estado sólido”.

“Para que exista alguna posibilidad de agresión, el agente químico debe estar en solución en una cierta concentración y además tener la opción de ingresar en la estructura de la pasta durante un cierto tiempo, es decir debe haber un cierto flujo de la solución concentrada hacia el interior del concreto y este flujo debe mantenerse un tiempo suficiente para que se produzca la reacción”.

“Existen agentes que incrementan la posibilidad de deterioro como son: las temperaturas elevadas, velocidades de flujo altas, mucha absorción y permeabilidad, el curado deficiente y los ciclos de humedecimiento y secado”.

“Los ambientes agresivos usuales están constituidos por el aire, agua y suelos contaminados que entran en contacto con las estructuras de concreto”.

<http://tecnologia17118.blogspot.com/p/durabilidad-del-concreto-1.html>

C. Abrasión

“Se define la resistencia a la abrasión como la habilidad de una superficie de concreto a ser desgastada por roce y fricción.

Este fenómeno se origina de varias maneras, siendo las más comunes las atribuidas a las condiciones de servicio, como son el tránsito de peatones y vehículos sobre veredas y losas, el efecto del viento cargado de partículas sólidas y el desgaste producido por el flujo continuo de agua.

En la mayoría de los casos, el desgaste por abrasión no ocasiona problemas estructurales, sin embargo, puede traer consecuencias en el comportamiento bajo las condiciones de servicio o indirectamente propiciando el ataque de algún otro enemigo de la durabilidad (agresión química, corrosión etc.) siendo esto último más evidente en el caso de las estructuras hidráulicas”.

<http://tecnologia17118.blogspot.com/p/durabilidad-del-concreto-1.html>

D. Corrosión de Metales en el Concreto

“El concreto por ser un material con una alcalinidad muy elevada ($\text{pH} = 12.5$), y alta resistividad eléctrica constituye uno de los medios ideales para proteger metales introducidos en su estructura, al representar una barrera protectora contra la corrosión.

Pero si por circunstancias internas o externas se cambian estas condiciones de protección, se produce el proceso electroquímico de la corrosión generándose compuestos de óxidos de hierro que llegan a triplicar el volumen original del hierro, destruyendo el concreto al hincharse y generar esfuerzos internos”.

“En el concreto pueden incluirse una serie de metales dependiendo de la utilidad que queramos darle, pero lo real es que el acero es el metal de mayor uso desde que se desarrolló el concreto reforzado y sus múltiples aplicaciones”.

<http://tecnologia17118.blogspot.com/p/durabilidad-del-concreto-1.html>

E. Reacciones Químicas en los Agregados

“Se produce con algunos agregados del tipo ópalo, calcedonia, ciertas formas de cuarzo, andesita, dacita que reaccionan con los Hidratos de Calcio del cemento ocasionando compuestos expansivos”.

“Se han desarrollado varios métodos químicos, físicos y petrográficos para estimar el riesgo potencial de reactividad, pero se reconoce que la mejor evaluación es la evidencia práctica del empleo de los agregados en concreto sin problemas”.

“Una de las dificultades para evaluar el riesgo consiste en que el desarrollo del fenómeno es lento, por lo que debe existir evidencia estadística de al menos cinco años para poder opinar sobre la habilidad práctica de algún agregado en particular sobre el que exista duda”.

“La reacción propicia es el desarrollo de un gel expansivo en la interface agregado – pasta, que rompe la estructura interna del concreto provocando fisuración y desintegración”.

<http://tecnologia17118.blogspot.com/p/durabilidad-del-concreto-1.html>

2.2.2.3 Tipos de Diseño de Mezcla

A. Diseño de Mezcla de Concreto por Durabilidad

“El diseño de mezcla por durabilidad está basado en la teoría de seguridad tradicionalmente usada en diseño estructural (diseño por confiabilidad estructural), donde la relación a/c es menor a 0.45”. Rivva E. (2014)

B. Diseño de Mezcla de Concreto por Resistencia

“El diseño de mezcla de concreto por resistencia se inicia a través de un $f'c$ requerido según la resistencia que es necesario alcanzar para la estructura, donde la relación agua cemento depende del $f'c$ ”. Rivva E. (2014)

2.2.3 Geodinámica Interna

“El Perú está comprendido entre una de las regiones de más alta actividad sísmica que existe en la tierra, por lo tanto, está expuesto a este peligro, que trae consigo la pérdida de vidas humanas y pérdidas materiales. Es necesario efectuar estudios que permitan conocer el comportamiento más probable de este fenómeno para poder planificar y mitigar los grandes efectos que trae consigo. Una forma de conocer el probable comportamiento sísmico de un lugar es mediante la evaluación del peligro sísmico en términos probabilísticos, es decir predecir las posibles aceleraciones que podrían ocurrir en un lugar determinado”. Castillo J., Alva J. (1993)

“El coeficiente de diseño sísmico a ser usado en el diseño sísmico pseudo-estático se determina en base a la zona, condición del suelo e importancia de la estructura. Si la estructura es flexible, la carga sísmica se modifica tomando en cuenta su periodo fundamental. Sin embargo, cuando se planifican estructuras importantes, deben evaluarse sus capacidades de resistir terremotos en base a estudios detallados de peligro sísmico.

Tales estructuras incluyen: grandes presas, puentes con luces grandes, túneles y centrales nucleares. También se necesitan estudios detallados para la evaluación del peligro sísmico en una zona grande por urbanizar”. Castillo J., Alva J. (1993)

“La evaluación del peligro sísmico se ha efectuado por medio del método probabilístico, para finalmente proponer los niveles de movimiento máximo del suelo en el área del proyecto. En este apartado se documenta los resultados de la revisión y el análisis de la sismicidad histórica, sismicidad instrumental y Neotectónica existente para el área de emplazamiento del proyecto”. Castillo J., Alva J. (1993)

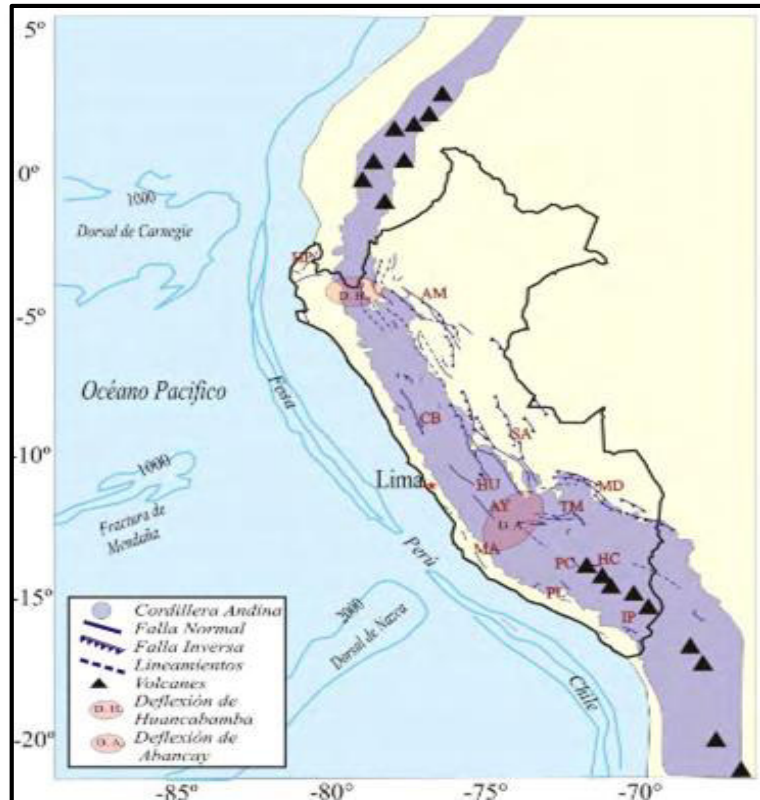
2.2.3.1 Geodinámica Regional

“La interacción de la placa de Nazca con la Sudamericana es el principal proceso geodinámico que define la tectónica de Perú”.

“Este proceso es conocido como subducción y permite el arrugamiento y levantamiento del margen continental durante un periodo orogénico muy complejo hasta formar una superficie topográfica muy accidentada que tuvo como resultado final la formación de una cadena montañosa que se extiende, de Norte a Sur, a lo largo de todo el borde Oeste de Sudamérica, desde Venezuela hasta la Tierra del Fuego en Chile”, siendo conocida como “La Cordillera de los Andes”.

“Dentro de este contexto, existe la interacción de un gran número de elementos tectónicos que en conjunto propician la evolución del borde occidental de América del Sur. En el caso del Perú, estos elementos tectónicos son: la Dorsal de Nazca, la Fractura de Mendaña, la Fosa Peruano-chilena, la Cordillera Andina, la Cadena Volcánica y los diferentes Sistemas de Fallas distribuidas en el interior del continente”. La ubicación geográfica de estos rasgos tectónicos se muestra a continuación:

Figura N° 1: Principales Rasgos Tectónicos Superficiales Presentes En El Perú Y En El Borde Occidental De Perú



“La Dorsal de Nazca, es una cordillera oceánica que se localiza en el extremo NO de la región Sur de Perú frente al departamento de Ica. Esta cordillera sigue una orientación NE-SO perpendicular a la línea de la fosa peruano–chilena (entre 15°y 24°Sur), de tal modo que su extremo NE se ubica frente al departamento de Ica en donde presenta un ancho de aproximadamente 220 km sobre la cota de 2000 metros. Sin embargo; su ancho y altitud disminuye gradualmente hacia su extremo SO. Según la figura, la cota de 2000 metros de esta dorsal se localiza a 50 km de distancia aproximadamente de la línea de fosa; mientras que, las cotas menores ya subducieron bajo la placa continental” (Sebrier et al, 1985).

“La Dorsal de Nazca presenta una forma asimétrica, siendo probablemente esta característica determinante para los diferentes procesos geodinámicos que se producen en esta región. Estudios recientes, sobre anomalías magnéticas, permiten considerar la hipótesis de que la Dorsal de Nazca debe su origen a una antigua zona de creación de corteza que cesó su actividad hace 5 a 10 millones de años aproximadamente”. (Udias y Mezcuca, 1997; Marocco, 1980; Sebrier et al, 1985).

2.2.4 Geodinámica Externa

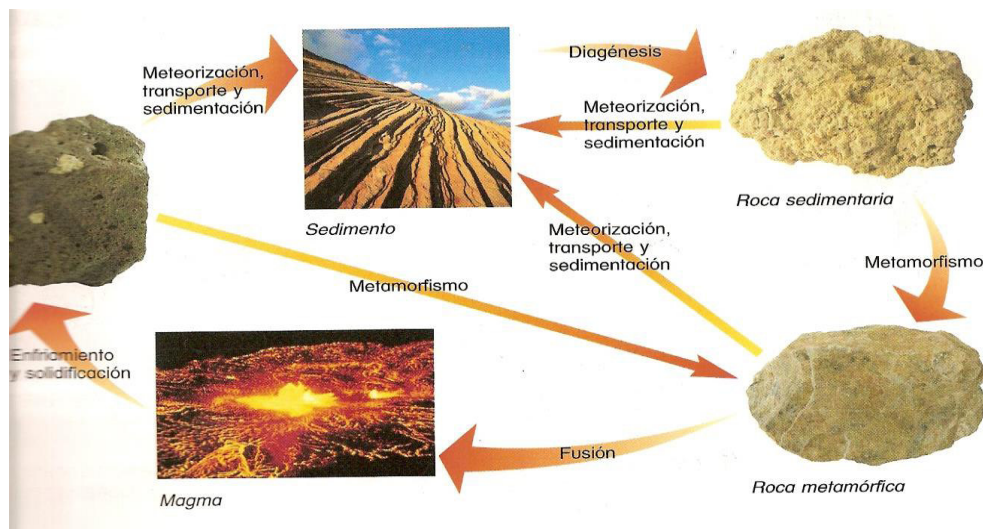
2.2.4.1 Por Meteorización Mecánica:

Rivera, G. (2005; p144) sostiene que la meteorización mecánica o física “es la encargada de realizar la desintegración mecánica de las rocas que facilita su erosión”.

La mayoría de las rocas son porosas, no bien consolidadas y ceden con facilidad a la desintegración. Este tipo de meteorización actúa con intensidad en las zonas áridas y semiáridas y con menor intensidad en zonas templadas.

Dentro de los principales procesos que inducen a la fragmentación de las rocas se tiene por: el cambio de temperatura (expansión térmica); la expansión por descompresión, la acción de las heladas y la actividad biológica.

Figura N° 2: Meteorización Mecánica



Fuente: (Rivera, G. 2005)

A. Cambio de Temperatura:

Los cambios de temperatura conllevan a una dilatación y contracción alternada, que resulta de la mayor temperatura en el día y el enfriamiento en la noche. Esto origina esfuerzos internos, debido a los diferentes coeficientes de dilatación de los constituyentes de las rocas, lo que produce grietas y el rompimiento de las rocas en forma de lajas, escamación concéntrica (exfoliación catáfila), desintegración granular y disyunción esferoidal. (Rivera, G. 2005; p144)

B. Acción de las Heladas:

El agua líquida tiene la propiedad de expandirse alrededor del 9% de su volumen cuando se congela, debido a que las moléculas de agua en la estructura cristalina del hielo están más separadas de los están en el agua líquida por ello tienen menos densidad y pueden flotar en el agua. (Rivera, 2005; p146)

Como consecuencia, cuando el agua penetra en las rocas ya sea por gravedad o tensión superficial, la congelación del agua en un espacio confinado como una grieta o fractura ejerce fuertes y continuas presiones sobre las paredes, actuando como una verdadera cuña dentro la roca que ensanchan las aberturas y después de muchos ciclos de congelación y

deshielo aumentan el fracturamiento de la roca, lo que hace más enérgico la meteorización. Este proceso se denomina “acción de cuña” o “gelifracción” y es el más notorio en las zonas montañosas, donde suele existir un ciclo diario de congelación-deshielo.

La acumulación de los fragmentos resultantes de esta acción que caen desordenadamente en grandes montones se les denomina canchales o pedregales que se forman en la base de los afloramientos de rocas empinadas.

C. Actividad Biológica

Las actividades de los organismos que viven en la superficie terrestre, entre ellos las plantas, los animales excavadores y los seres humanos efectúan también meteorización física. El crecimiento de las plantas que va acompañado de un aumento de longitud y diámetro de las raíces, así como del tronco de estas, en búsqueda de sus nutrientes y agua penetra en las aberturas de las rocas ejerciendo presiones sobre las paredes produciendo el resquebrajamiento de ellas.

2.2.4.2 Por Meteorización Química

Se entiende como la descomposición de los componentes de las rocas y de las estructuras internas de los minerales, dando lugar a nuevos minerales o liberando a otros de su primitivo ambiente. Debido a este proceso las rocas se descomponen en sustancias que son estables en el ambiente intempérico, por consiguiente, los productos de la meteorización química se mantendrán en equilibrio mientras no se modifiquen el ambiente en que se formaron. (Rivera, 2005; p148).

Los agentes de la meteorización química son capaces de desarrollar un ataque intenso y efectivo sobre los minerales constituyentes de las rocas, especialmente en las regiones tropicales.

La meteorización química se verifica por la acción del agua, de los ácidos orgánicos provenientes de la descomposición vegetal, de los ácidos inorgánicos resultantes de la unión de iones, por ejemplo, iones de azufre e hidrogeno que forman el ácido sulfúrico,

de la acción oxidante del hidrogeno, de la acción del anhídrido carbónico, y de los cambios de temperatura sobre los constituyentes minerales de las rocas.

A. Por Oxidación

La oxidación es un proceso químico que se produce cuando el oxígeno se combina con el hierro para formar el óxido férrico. Las reacciones de oxidación son características de un ambiente, con abundante oxígeno. Un ambiente acuoso es esencial para acelerar el proceso oxidante. (Rivera, 2005; p149).

Desde luego los minerales más afectados por la oxidación son aquellos que contienen hierro o manganeso, de los cuales, por descomposición, en presencia del oxígeno y agua, resultan los óxidos e hidróxidos. El oxígeno es el elemento químicamente más activo de la atmosfera; su proceso está en los procesos biológicos, y es esencial para la vida, pero es secundario en la meteorización química de las rocas.

B. Por Disolución

El agua es un agente muy activo y es capaz de disolver todos los minerales que constituyen las rocas, y su capacidad disolvente aumenta cuando contiene CO₂ en solución. En especial este fenómeno se presenta principalmente en las calcáreas, como las calizas, dolomías, sobre las cuales forman paisajes cársticos que dejan rasgos muy hermosos y peculiares tanto en superficie como en las cavernas subterráneas. La disolución de las rocas se debe, en parte, a la gran solubilidad del carbonato de calcio (Ca CO₃), en el agua pura. (Rivera, 2005; p150)

C. Por Carbonatación

Este proceso se desarrolla al efectuarse la combinación de los iones carbonato (CO₃) o de bicarbonato (HCO₃)₂, con un material pétreo. El proceso de carbonatación en combinación con la disolución y la hidratación atacan fuertemente a las rocas preexistentes y en especial a ciertos minerales, por ejemplo, los feldespatos por acción de los procesos antes mencionados son alterados a minerales arcillosos. (Rivera, 2005; p150)

D. Por Hidrólisis

Es el proceso mediante el cual los minerales asimilan el agua disociada, en forma iónica (OH⁻ y H⁺). La hidrólisis es una reacción exotérmica (desprende calor) y también trae consigo aumento de volumen. Es uno de los procesos más importantes en la descomposición de las rocas, son los iones de hidrogeno los que atacan y sustituyen a otros iones positivos encontrados en la estructura de silicato, se destruye la disposición ordenada original de los átomos y se descompone el mineral. Así tenemos que el feldespato potásico u ortosa, por hidrólisis, produce arcillas complejas (caolín), sílice y carbonato de potasio. (Rivera, 2005; p151)

E. Por Hidratación

Es el proceso por medio del cual un mineral anhidro absorbe el agua y se combina químicamente con las moléculas minerales, para formar nuevos minerales hidratados. Es uno de los procesos junto con el hidrólisis considerado como el más importante en la descomposición de las rocas. La hidratación implica la incorporación de agua en la estructura mineral. Este proceso se expone mejor con la transformación de la anhídrida en yeso. (Rivera, 2005; p152).

F. Ácidos Orgánicos

La presencia de vegetación acelera los procesos de meteorización, tanto por la producción de anhídrido carbónico en la respiración como suministrar materiales para el humus, incluyendo ácidos húmicos. También los vegetales al morir y descomponerse liberan materia orgánica, que, al combinarse con el agua, genera ácidos orgánicos, que de igual modo que de los inorgánicos, pasan a formar parte de la composición de las aguas corrientes, lo que hace más enérgica su acción erosiva. (Rivera, 2005; p152)

En los procesos químicos anteriores, de alteración de los minerales, precisamente una parte pasa a la condición de nuevos minerales, y otra a formar parte de los líquidos que circulan sobre la superficie en forma de iones.

G. Reacciones de Intercambio

Son aquellas por las cuales se logra un intercambio de cationes y de aniones. En el caso de los cationes, estos son fácilmente absorbidos absorbibles por las arcillas y los coloides orgánicos. Porque los coloides negativos atraen iones Na^+ . Cuando al NaCl se disuelve, otro catión como el K^+ puede reemplazar al Na^+ , para dar por sustitución el KCl . (Rivera, 2005; p153)

Tanto en sedimentos ácidos como calcáreos, el Ca^{++} es el catión predominantemente susceptible. El intercambio catiónico es irreversible. Mientras las rocas sean más arcillosas, la capacidad de intercambio será mayor. De igual modo, la capacidad de intercambio será mayor en los suelos, mientras mayor sea la cantidad de arcillas y materia orgánica.

El intercambio de aniones ha sido comprobado en los minerales arcillosos, de tal manera que es más efectiva o aumenta este intercambio cuando baja la acidez, de forma inversa al intercambio de cationes. (Rivera, 2005; p153)

2.2.4.3 Potencial de Meteorización

La estabilidad de los principales minerales constituyentes de las rocas en la meteorización es distinta y aproximadamente inversa al orden de segregación magmática de dichos minerales de la masa fundida (Ley de Goldich, 1938). Esta tendencia de los minerales se conoce como Potencial de Meteorización en consecuencia ocurre en minerales que cuando mayor sea su temperatura de formación más alterable resultará el mineral. Puede decirse que las rocas básicas son más susceptibles a la meteorización que las rocas intermedias y éstas más susceptibles a las rocas ácidas. (Rivera, 2005; p153)

Goldich (1938) propuso, por qué los minerales, tales como el olivino y la plagioclasa cálcica en un basalto, por ejemplo, que cristalizan a más alta temperatura que otras fases mineralógicas comunes, son más susceptibles a la descomposición (que muchos otros minerales formadores de rocas ígneas comunes) cuando están expuestas a las condiciones de la superficie terrestre. También con respecto a las plagioclasas encontradas en las rocas ígneas las fases más cálcicas son más susceptibles de ser atacadas por la

meteorización porque ellos están más allá de su campo de estabilidad con respecto a la temperatura de formación que las fases sódicas.

Los elementos Ca, Mg, y Na responden más rápidamente a la descomposición, seguido y por el K y Al, todo el resto de los elementos mayores pueden ser solubilizados y llevados desde el lugar del ataque al sistema hidrológico inmediato. (Rivera, 2005; p153)

2.2.4.4 Meteorización Diferencial

Es el término que se aplica para las diversas velocidades con que actúa la meteorización, cuando algunas rocas en un área son más resistentes a la meteorización que otras. Esto depende de muchos factores, mencionados anteriormente, como la composición mineral, la solubilidad, el fracturamiento, el tamaño de las partículas de las rocas, lo que conlleva a que la velocidad de la meteorización sea de diferente ritmo. Como resultado de la meteorización diferencial y la acción erosiva de los agentes geológicos producen en las rocas afectadas, una serie de figuras que semejan a plantas, animales y humanos y geoformas inusuales y a menudo espectaculares. (Rivera, 2005; p154)

2.2.5 Características Geotécnicas de los sedimentos

Los depósitos sedimentarios se forman por la acción de los procesos geomorfológicos y climáticos, destacando el medio de transporte y la meteorización.

Los distintos medios de sedimentación originan una serie de depósitos cuyas características geotécnicas están relacionadas con las condiciones de formación de estos sedimentos. Así la clasificación de los materiales granulometría forma y tamaño, dependen del medio de transporte. Conociendo los factores geomorfológicos y climáticos, es posible prever la disposición y geometría del depósito, propiedades físicas y otros aspectos de interés en ingeniería geológica. Con estos objetivos se describen los siguientes tipos de depósitos, en función de sus relaciones geológico-geotécnicas más características:

2.2.5.1 Depósitos Coluviales

Son materiales transportados por gravedad, la acción del hielo-deshielo y, principalmente, por el agua. Su origen es local, producto de la alteración in situ de las rocas y posterior

transporte como derrubios de ladera o depósitos de solifluxión. Frecuentemente están asociados a masas inestables. Su composición depende de la roca de la que proceden, estando formados por fragmentos angulares y heterométricos generalmente de tamaño grueso, englobados en una matriz limo arcillosa. Su espesor suele ser escaso, aunque puede ser muy variable.

Tienen una gran importancia geotécnica cuando se trata de masas inestables. La resistencia de estos materiales es baja, sobre todo en la zona de contacto con el sustrato rocoso, y cuando se desarrollan altas presiones intersticiales como consecuencias de lluvias intensas. La identificación de estos materiales es fundamental en cualquier estudio geológico-geotécnico, y por tanto constituye una prioridad en las investigaciones in situ. Su presencia, a priori, puede suponer un problema geotécnico. (Rivera, 2005; p436)

2.2.5.2 Depósitos Aluviales

Son materiales transportados y depositados por el agua. Su tamaño varía desde las arcillas hasta las gravas gruesas, cantos y bloques. Las facies más gruesas presentan bordes redondeados. Se distribuyen en forma estratiforme, con cierta clasificación, variando mucho su densidad. Están muy desarrollados en los climas templados, ocupando cauces y valles fluviales, llanuras y abanicos aluviales, terrazas y paleocauces. Son suelos muy anisotrópicos en su distribución con propiedades geotécnicas altamente variables, estrechamente relacionadas con la granulometría. Su continuidad es irregular, pudiendo tener altos contenidos en materia orgánica en determinados medios. La permeabilidad depende de la granulometría. Generalmente presentan un nivel freático alto. La investigación geotécnica precisa de un elevado número de reconocimientos dada su heterogeneidad y anisotropía. Los aluviales constituyen una fuente de recursos de materiales para la construcción, sobre todo como áridos. (Rivera, 2005; p436)

2.2.5.3 Depósitos Glaciares

Son depósitos transportados y depositados por el hielo o por el agua de deshielo. Están formados por tillitas y morrenas. Su composición es muy heterométrica y la distribución es altamente errática. Los depósitos fluvioglaciares contienen fracciones desde las gravas

gruesas a arcillas; están algo estratificados y su granulometría decrece con la distancia al frente glaciar presentan fracciones más finas, predominando las arcillas y las estructuras laminadas típicas de las arcillas varvadas.

La heterogeneidad y anisotropía es la característica típica de estos depósitos, pues coexisten desde las arcillas hasta las gravas gruesas y grandes bloques. Por lo tanto, las propiedades geotécnicas son altamente variables. Al estar la permeabilidad directamente relacionada con la granulometría, estos suelos son muy sensibles a los incrementos de presión intersticial producidos por lluvias torrenciales y por el deshielo. En estos depósitos son muy frecuentes los fenómenos de solifluxión y de inestabilidad de laderas. La investigación geotécnica es compleja, y los espesores pueden ser igualmente muy variables siendo frecuentes las potencias elevadas. (Rivera, 2005; p436).

2.3. MARCOS CONCEPTUALES O GLOSARIO DE TERMINOS

Glaciares:

El hielo es el agente de transporte, entre los que operan en la superficie terrestre, con menor poder selectivo; por lo tanto, los sedimentos glaciares se caracterizarán por la presencia de partículas con una gran variedad de tamaños, que van desde bloques a la fracción arcilla. El porcentaje de cada clase granulométrica, en el depósito final, es variable y depende de varios factores (Kukal, 1971)

Meteorización

Es la destrucción de las rocas en la superficie terrestre debido a la acción de los fenómenos que actúan en la interface atmósfera-corteza.

La depositación

Es la acción de acumulación de las partículas transportadas en sitios sobre la superficie terrestre denominados cuencas sedimentarias.

La cementación

Es un proceso de formación de cementos que precipitan a partir de las soluciones que circulan por los poros de los materiales sedimentarios.

Depositos glaciares

Son acumulaciones heterométricas de gravas angulosas, bloques guijarros y arenas dispuestas sin estratificación en una matriz de limo y arcilla, son masas de acumulación dejadas por los avances de la glaciación cuaternaria.

Erosión glacial

Los glaciares son agentes erosivos de gran importancia que, en el pasado modelaron una buena parte de los paisajes que ahora conocemos en latitudes medias y altas de todo el planeta.

La erosión

Es el proceso de desprendimiento de las unidades alteradas de la roca merced a agentes como el hielo, el agua y el viento; la gravedad no lo es. Estos mismos agentes ocasionan luego el transporte de los materiales desprendidos, para formar los depósitos sedimentarios, aprovechando la energía proveniente de la gravedad y del Sol.

Sedimentos

Son materiales rocosos, organismos muertos, sustancias químicas y otras sustancias acumuladas, fruto de la meteorización y alteración de las rocas, por la precipitación de elementos disueltos en la hidrosfera o la acumulación de materia orgánica en un medio continental o marino.

Gel Expansivo

Es el producto de la reacción entre el agregado – pasta que provoca la fisuración del concreto por la concentración de químicos en los agregados cuya reacción se denomina reacción álcalis – sílice.

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis General

Las propiedades de los agregados morrénicos de cantera influyen significativamente en la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto en Sapallanga, Provincia de Huancayo – Región Junín – 2018.

3.2. Hipótesis específicas

- a. Las propiedades de los agregados morrénicos de cantera afectan significativamente en la resistencia a la compresión del concreto en Sapallanga, Provincia de Huancayo – Región Junín – 2018.
- b. Las propiedades de los agregados morrénicos de cantera afectan significativamente en la durabilidad del concreto en Sapallanga, Provincia de Huancayo – Región Junín – 2018.

3.3. Identificación de Variables

3.3.1 Variable Independiente

- Agregados morrénico de cantera.

3.3.2 Variable Dependiente

- Resistencia a la compresión del concreto.
- Durabilidad del concreto.

3.4 Operacionalización de las Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN REAL O DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL INDICADORES	ITEM
<p>VARIABLE INDEPENDIENTE: Agregado morrénico de cantera.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Material glaciario heterogéneo en cuanto a forma y tamaño de los fragmentos, generalmente son de aristas redondeadas por el poco transporte sufrido. 	<ul style="list-style-type: none"> Tamaño máximo del agregado morrénico Formas. Nivel de intemperización 	<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál será el tamaño máximo del agregado morrénico de la cantera de Sapallanga – río Chaclas? <ul style="list-style-type: none"> Hasta 3” De 3” a 5” Mayores a 5” ¿Cuál será la forma predominante del agregado morrénico de la cantera Sapallanga – río Chaclas? <ul style="list-style-type: none"> Redondeadas Sub redondeadas Angulosas Subangulosa Mixto

			<ul style="list-style-type: none">• ¿Cuál será el nivel de intemperización del agregado morrénico de Sapallanga – río Chacclas?<ul style="list-style-type: none">○ Baja intemperización○ Media Intemperización○ Alta Intemperización○ Mixto
--	--	--	--

<p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>Resistencia a la compresión del concreto</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Requisitos del agregado para concreto. Según la NTP 400.037 • 	<ul style="list-style-type: none"> • Abrasión de los Ángeles • Pasante de la malla N° 200 • Equivalente de arena. • Granulometría. 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Los agregados morrénicos no cumplen con el ensayo de abrasión para concreto? <ul style="list-style-type: none"> ○ Si ○ No • ¿Los agregados morrénicos de la cantera Sapallanga presentan diferentes grados de intemperización? <ul style="list-style-type: none"> ○ Si ○ No • ¿Las características de los materiales cumplen con la norma E 060? <ul style="list-style-type: none"> ○ Menos de 3 ensayos ○ De 4 a 5 Ensayos ○ De 6 a 7 Ensayos • ¿Qué ensayo cumplen todas las muestras? <ul style="list-style-type: none"> ○ Durabilidad al Sulfato de Magnesio ○ Límites de Attemberg ○ Granulometría ○ Ninguno ○ Otro – Especificar
--	--	--	--

			<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué problemas se presentan en agregados morrénicos con intemperización leve en la resistencia a la compresión del concreto? <ul style="list-style-type: none"> ○ Desarrollan menos del 80% de la resistencia de diseño. ○ Desarrollan del 80% a menos 100% de la resistencia de diseño ○ Desarrollan al 100% o más de su resistencia de diseño. • ¿Qué problemas se presentan en agregados morrénicos con intemperización media en la resistencia a la compresión del concreto? <ul style="list-style-type: none"> ○ Desarrollan menos del 70% de la resistencia de diseño. ○ Desarrollan del 70% a menos 100% de la resistencia de diseño ○ Desarrollan al 100% o más de su resistencia de diseño. • ¿Qué problemas se presentan en agregados morrénicos con intemperización severa en la resistencia a la compresión del concreto?
--	--	--	---

			<ul style="list-style-type: none">○ Desarrollan menos del 60% de la resistencia de diseño.○ Desarrollan del 60% a menos 100% de la resistencia de diseño○ Desarrollan al 100% o más de su resistencia de diseño.
--	--	--	--

<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>Durabilidad del concreto</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayos de laboratorio para durabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Durabilidad al Sulfato de Magnesio • Sulfatos • Carbonatos 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Las muestras de agregado morrénico de intemperización leve presentan deterioro con el sulfato de magnesio? <ul style="list-style-type: none"> ○ Si ○ No • ¿Las muestras de agregado morrénico de intemperización moderada presentan deterioro con el sulfato de magnesio? <ul style="list-style-type: none"> ○ Si ○ No • ¿Las muestras de agregado morrénico de intemperización severa presentan deterioro con el sulfato de magnesio? <ul style="list-style-type: none"> ○ Si ○ No • ¿Las muestras de agregado morrénico de intemperización leve presentan deterioro con los sulfatos? <ul style="list-style-type: none"> ○ Si ○ No
--	---	--	--

			<ul style="list-style-type: none">• ¿Las muestras de agregado morrénico de intemperización moderada presentan deterioro con los sulfatos?<ul style="list-style-type: none">○ Si○ No• ¿Las muestras de agregado morrénico de intemperización severa presentan deterioro con los sulfatos?<ul style="list-style-type: none">○ Si○ No• ¿Las muestras de agregado morrénico de intemperización leve presentan deterioro con los Carbonatos?<ul style="list-style-type: none">○ Si○ No• ¿Las muestras de agregado morrénico de intemperización moderado presentan deterioro con los Carbonatos?<ul style="list-style-type: none">○ Si○ No
--	--	--	---

			<ul style="list-style-type: none">• ¿Las muestras de agregado morrénico de intemperización severo presentan deterioro con los Carbonatos?<ul style="list-style-type: none">○ Si○ No
--	--	--	--

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1 Tipo y Diseño de Investigación

4.1.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es experimental, habiéndose realizado la descripción y análisis de del agregado de material de cantera (cantera de Pilcomayo, cantera de Sapallanga) asimismo se realizaron ensayos de laboratorio en condiciones controladas, investigando la relación causa – efecto de la influencia del agregado morrénico (cantera de Sapallanga) en la resistencia del concreto en el diseño de mezcla por resistencia y por durabilidad. Se tuvo como base la cantera de Pilcomayo no morrénica ni intemperizada con un diseño por resistencia de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y con un diseño por durabilidad de una relación $a/c = 0.45$, comparada con una cantera morrénica de baja, media y alta intemperización con diseño por resistencia y diseño por durabilidad igual a la cantera base, el grado de intemperización se realizó visualmente. Asimismo, se realizaron ensayos de las características de los agregados de acuerdo con la Norma NTP 400.37 de ambas canteras a fin de determinar si cumplieran con los requisitos de calidad de los agregados para concreto.

Figura N° 3: Agregado De Pilcomayo No Intemperizado Ni Meteorizado

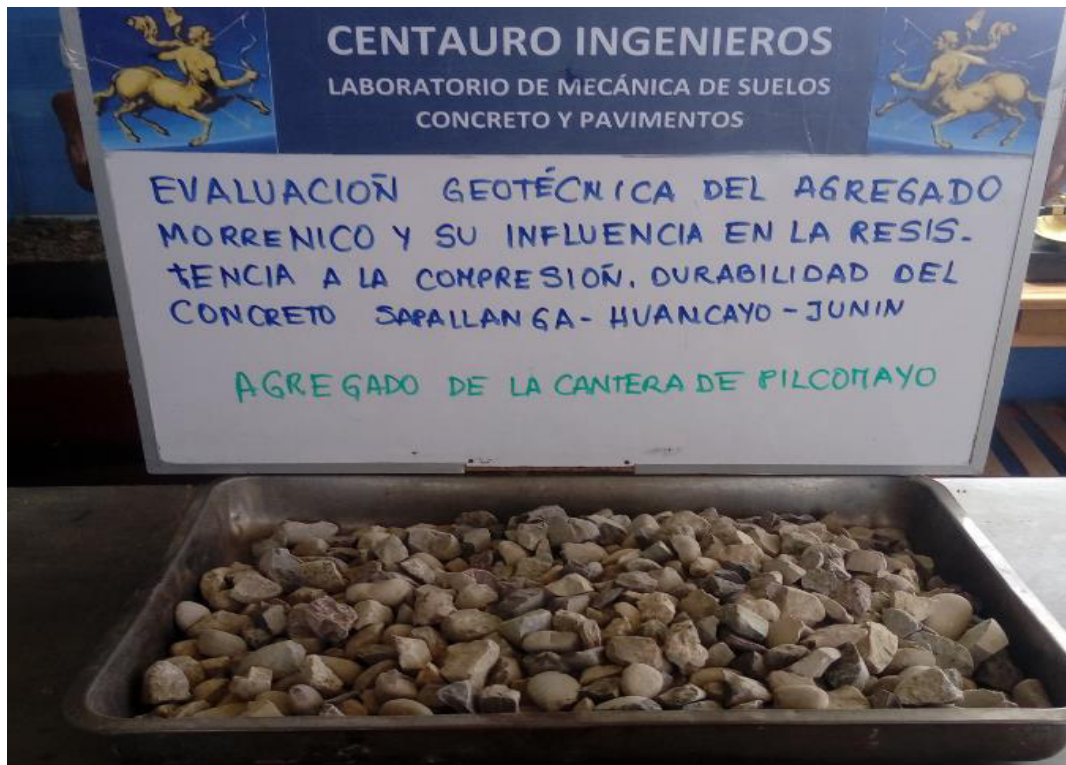


Figura N° 4: Agregado De La Cantera De Sapallanga – Morrénico E Intemperizado



4.1.2. Diseño de la Investigación

- Nuestro **diseño de investigación** es experimental con posprueba únicamente y grupo de control:

G ₁	X	O ₁
G ₂	-	O ₂

Donde:

Grupo experimental G1 se le aplica el estímulo (X), se le aplica la posprueba O₁

Grupo experimental G2 no se le aplica el estímulo (-), se le aplica la posprueba O₂

4.2 Unidad de Análisis

La unidad de análisis de la investigación son las muestras de agregados morrénicos de la Provincia de Huancayo, del distrito de Sapallanga del río Chaclas, se seleccionaron las 3 muestras de acuerdo con su proceso de intemperización, a fin de determinar de qué manera afecta la intemperización en la resistencia y durabilidad del concreto, asimismo se ha tomado una muestra de agregado de cantera no morrénica ni intemperizada de la cantera Pilcomayo.

4.3 Población de Estudio

La población de estudio de nuestra investigación es la cantera Sapallanga – Río Chaclas de agregados morrénicos de la Provincia de Huancayo.

4.4 Tamaño de la Muestra

El tamaño de la muestra para nuestra investigación son las 3 muestras de suelos morrénicos seleccionados para los ensayos, así como la muestra del agregado no morrénico no intemperizado, la cantidad de la muestra para los ensayos fueron de 500 kg por cada agregado morrénico (de baja, de media y de lata intemperización), asimismo de la cantera de Pilcomayo fue de 500 kg.

4.5 Selección de la Muestra

Se tomaron muestras de la cantera de Sapallanga – Río Chaclas debido a que tiene material de cantera de agregados morrénicos con diferentes grados de meteorización.

4.6 Técnicas de Recolección de Datos

- Las unidades de análisis fueron las canteras de suelos morrénicos, para el caso de nuestra tesis se tomó referencia a 3 muestras de agregados de la cantera Sapallanga – Río Chaclas de la Provincia de Huancayo, se identificó las 3 muestras de acuerdo con su grado de alteración o intemperización.
- Se tomaron muestras de las canteras seleccionadas en un promedio de 500 kg de modo que el material fue suficiente para realizar los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, durabilidad al sulfato de magnesio, sulfatos, cloruros, carbonatación, impurezas orgánicas, abrasión de los Ángeles, equivalente de arena, elaboración de probetas y su correspondiente rotura.
- Se trasladaron las muestras identificadas al laboratorio en donde se realizaron los ensayos indicados.
- El diseño de mezcla que se realizó fue por resistencia y por durabilidad por el método de finura o fineza, debido a que la granulometría de los agregados no cumple con los usos granulométricos para realizar el diseño por el método de la ACI.
- Se elaboraron las probetas a fin de determinar su resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades y con diferentes grados de intemperización del agregado.

4.7 Recolección de Datos

Para nuestra investigación tuvimos varias etapas como a continuación detallamos:

- **Identificación de muestras seleccionadas.** - Se identificaron y obtuvieron las 3 muestras de acuerdo con el grado de intemperización por medio visual (bajo, medio y alto) que se encontraron en la cantera de Sapallanga – Río Chaclas, asimismo se identificó 01 muestra de la cantera de Pilcomayo (muestra referencia).
- **Muestreo y transporte de materiales.** - Una vez identificado los grados de intemperización de las muestras se procedió a realizar el muestreo de los materiales de cantera de agregados morrénicos con su identificación respectiva, luego se procedió a realizar el traslado del material al laboratorio.

- **Ensayos de laboratorio.** - Se realizaron los ensayos de laboratorio cumpliendo con la Normas Técnicas Peruanas y la Norma E 060.
- **Registro de los resultados de la resistencia a la compresión del concreto y la durabilidad de acuerdo con los resultados de los ensayos de laboratorio.**
 - ✓ Se realizó un registro de los resultados de la resistencia a la compresión por cada una de las muestras con diferente grado de intemperización y a diferentes edades del concreto, en total de ensayaron 60 probetas, 3 por cada edad y las edades ensayadas fueron a los 3, 7, 14, 21 y 28 días.
 - ✓ De acuerdo con todos los resultados procedimos a plantear nuestras conclusiones y recomendaciones de nuestra investigación.

4.7.1 Investigaciones Geotécnicas y ensayos de laboratorio

Las investigaciones geotécnicas que se realizaron para nuestra tesis consistieron en el reconocimiento a partir de mapas del INGEMENT del cuadrángulo 25m, donde ubicamos la cantera Sapallanga – río Chaclas, pudiendo observar que en la parte superior del río Chaclas se tiene depósitos morrénicos. Una vez ubicados los depósitos morrénicos se procedió a realizar los trabajos insitu en donde ubicamos agregados morrénicos de diferentes grados de intemperización, luego se procedió a su selección de acuerdo con el grado de intemperización: altamente intemperizado, medianamente intemperizado y levemente intemperizado, asimismo se realizó el reconocimiento e inspección geológica del área de estudio.

4.7.1.1 Exploraciones de Campo

4.7.1.1.1 Muestreo y Tomas de Muestras

El muestreo consistió en seleccionar los agregados de acuerdo con su nivel de intemperización del agregado-roca poniendo especial cuidado a fin de no combinarlos, asimismo para la toma de muestra del agregado grueso – rocas se procedió a llenar en costales a fin de garantizar que no sean contaminados los agregados tomados consistieron en rocas de diámetros de 3”, 4” hasta 7”, previa identificación de las

muestras. En el caso del agregado fino la muestra tomada fue primero zarandeada por la malla de 3/8" a fin de cumplir con las especificaciones del agregado fino para concreto, una vez zarandeado el material recién se procedió a tomar la muestra para los ensayos correspondientes.

4.7.1.2 Ensayos de Laboratorio

4.7.1.2.1 Ensayo de granulometría del agregado fino:

El análisis granulométrico consiste en separar y conocer los porcentajes de cada tamaño de grano. El agregado debe tener una graduación dada de acuerdo con su tamaño máximo y dentro de los límites fijados por la norma ASTM C-33-08. Los equipos y accesorios por emplearse son:

Equipos y Accesorios:

- ✓ 01 balanza de 1 kg y 0.1 g de sensibilidad
- ✓ 01 juego de tamices de 203 mm (8 pulgadas) de diámetro de los números 4, 8, 16, 30, 50, y 100; así como fondo y tapa
- ✓ Bandejas y cápsulas de lámina
- ✓ Accesorios como brocha o cepillo de cerda

Procedimiento

- ✓ Se procede a secar el material pasante por la malla de 3/8".
- ✓ Una vez seco el material se procede al cuarteo del material la muestra representativa no debe ser menor a 500 grs.
- ✓ Los tamices deben ser colocados en orden los de menores diámetros en la parte inferior y el de mayor diámetro en la parte superior, estos deben ser superpuestos en la inferior se comienza con el fondo.
- ✓ El material seco y pesado se vierte en los tamices desde el N° 4 hasta el N° 100, se coloca luego la tapa y se procede a tamizar, el tamizado puede ser con tamizadora o manual, el tiempo mínimo de tamizado debe ser de 10 minutos.
- Una vez culminado con el proceso de tamizado se procede a pesar los retenidos en cada tamiz, cuidando de no perder material en este proceso.

- Se debe verificar que no quede material en ningún tamiz a fin de no modificar los datos de la granulometría, de preferencia se usará cepillo de cerdas o brocha bajo ningún motivo se podrá utilizar cepillo de acero ya que pueden alterar el tamaño de la abertura de los tamices.
- La suma total de los pesos retenidos debe dar el peso total de la muestra inicial no debe haber alteración en la sumatoria del peso final en más del 2%.

Para hallar el módulo de finura de la arena se procede de la siguiente manera:

- Se suman los porcentajes acumulados retenidos de los tamices No. 4 al No. 100 inclusive, dividido entre 100. La arena se clasifica de acuerdo con la siguiente tabla. Normalmente para concreto debe usarse arena con un módulo de finura, entre 2.2 y 3.2 prefiriéndose arena media.

Tabla N° 1: Clasificación de la arena por su módulo de finura

Tipo de arena	Módulo de finura
Gruesa	2,9 - 3,2
Media	2,2 - 2,9
Fina	1,5 - 2,2
Muy fina	1,5

4.7.1.2.2. Ensayo de Granulometría del Agregado Grueso

El análisis granulométrico consiste en separar y conocer los porcentajes de cada tamaño de grano. El agregado debe tener una graduación dada de acuerdo con su tamaño máximo y dentro de los límites fijados por la norma ASTM C -33-08. Los equipos y accesorios por utilizar son los siguientes:

- 01 balanza de 1 kg de 0.1 g de sensibilidad.
- 01 juego de tamices de 305 mm o 406 mm (12" ó 16"), con abertura de 9.51 mm, 12.7 mm, 25.4 mm, 38.1 mm, 50.8 mm, 46.00 mm y 76.1 mm (3/8", 1", 1 1/2", 2" y 3")
- Bandejas
- Capsulas

- Brochas
- Cepillo de cerdas

Procedimiento

- El material por utilizar debe estar seco.
- Se realizó el cuarteo a fin de tomar una muestra representativa.
- Se pesó la muestra y se tamizó en las mallas especificadas anteriormente en orden de mayor a menor diámetro, los retenidos en cada malla debe pesarse.
- Los pesos retenidos, se registraron en la misma forma que para el agregado fino, y se calculan los porcentajes retenidos parciales y acumulados. La suma de los pesos debe coincidir con el peso total de la muestra, con aproximación menor de 1g.

Figura N° 5: Granulometría Del Agregado Grueso



4.7.1.2.3 Ensayo de Peso Específico y Absorción del Agregado Fino y del Agregado Grueso

a) Ensayo de peso específico del agregado fino:

Determinar el peso específico del agregado fino, después de las 24 horas de sumergidos en agua.

Equipos y Accesorios:

- ✓ 01 balanza de 0.1g de sensibilidad con precisión de 0.1 gr ó 0.1% de la carga de prueba.
- ✓ Tamiz N° 4
- ✓ Molde cónico de 40 mm de diámetro en la base superior, 90 mm de diámetro en la parte inferior y 75 mm de altura.
- ✓ Pisón metálico con un peso de 340 g y una sección de 25 mm de diámetro.
- ✓ Horno con una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C.
- ✓ Picnómetro

Procedimiento

- ✓ Se homogeniza completamente la muestra y tamizar el material por la malla N°4, y eliminar el material superior al tamiz N°4.
- ✓ Se selecciona por cuarteo una cantidad aprox. de 1 kg que se seca en el horno a una temperatura de 110° C. luego se hace enfriar a temperatura ambiental durante 1 a 3 horas.
- ✓ Una vez enfriado la muestra se pesa, repitiendo el secado hasta lograr un peso constante. Luego se procede a cubrir la muestra completamente con agua y se le deja sumergida por 24 horas.
- ✓ Después del periodo de inmersión, se decantó cuidadosamente el agua para evitar la pérdida de finos, luego se extendió la muestra sobre una bandeja, comenzamos la operación de desecar la superficie de las partículas, dirigiendo sobre ella corriente moderada de aire caliente y se agita continuamente para que la desecación sea uniforme y continuar con el secado hasta que las partículas puedan fluir libremente.
- ✓ Se sujeta firmemente el molde cónico apoyado en una superficie plana, echando en su interior a través de un embudo una cantidad suficiente de muestra, que se apisona ligeramente con 25 golpes de la varilla, levantando con cuidado verticalmente el moldes, si el material mantiene la forma del molde, continuar secando la muestra realizar frecuentemente la prueba con el cono, hasta que se produzca un desmoronamiento superficial indicando de que el agregado a alcanzado la condición

superficialmente seca.

- ✓ Inmediatamente se introduce la muestra al picnómetro previamente tarado 500 g de agregado fino preparando como se ha descrito anteriormente y se añade agua hasta un 90 % de su capacidad, para eliminar el aire atrapado, se rueda el picnómetro sobre una superficie plana, introduciendo a un baño de agua de una temperatura de 21°C y 25°C durante 1 hora, se saca del baño y se seca rápidamente su superficie y se determina su peso total (picnómetro, muestra y agua) con una aproximación de 0.1g.
- ✓ Se saca el agregado fino del picnómetro y se lleva a secar al horno a una temperatura de 100° C – 110° C, hasta peso constante, se enfría a temperatura ambiental durante 1 a 1 ½ hora y se determina finalmente su peso seco.

b) Ensayo de peso específico del agregado grueso

Determinar el peso específico del agregado grueso con tamaño igual o mayor a 4,75 mm (tamiz N°4), después de las 24 horas de sumergidos en agua.

Equipos y Accesorios:

- ✓ 01 balanza de capacidad de 5000 g, con sensibilidad de 0.50 g, para peso hasta de 5000 g.
- ✓ Tamiz de 4,75 mm (N°4)
- ✓ Molde cónico de 40 mm de diámetro en la base superior, 90 mm de diámetro en la parte inferior y 75 mm de altura.
- ✓ Pisón metálico con un peso de 340 g y una sección de 25 mm de diámetro.
- ✓ Estufa a una temperatura de 100° - 110°C.
- ✓ Probeta de capacidad de 500 ml.

Procedimiento

- ✓ Se lavó la muestra con agua hasta eliminar completamente el polvo u otras sustancias.
- ✓ Una vez lavado la muestra se seca en una estufa a una temperatura de 110° y se enfría a temperatura ambiental durante 1 – 3 horas.
- ✓ Una vez enfriada la muestra se pesa, repitiendo el secado hasta obtener un peso

constante, y se sumerge en agua durante 24 horas a temperatura ambiental.

- ✓ Después del periodo de inmersión, se saca la muestra de agua y se seca las partículas sobre un absorbente de gran tamaño, hasta que se elimina el agua superficial visible secando individualmente los fragmentos mayores. A continuación, se determina el peso de la muestra en estado de saturada superficial seca.
- ✓ A continuación, se coloca la muestra en el interior de la canastilla metálica y se determina su peso sumergido en el agua a la temperatura entre 21° y 25° C.
- ✓ Se seca la muestra en el horno a una temperatura de 100° - 110°C, se enfría a temperatura ambiental durante 1 a 3 horas y se determina su peso seco hasta obtener un peso constante.

4.7.1.2.4. Ensayo del Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Fino

a) Ensayo del Peso Unitario Suelto del Agregado Fino

Este método de ensayo consiste determinar el peso unitario suelto del agregado fino.

Equipos y Accesorios:

- ✓ 01 balanza de 0.05 kg con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.
- ✓ 01 molde
- ✓ Varilla de acero lisa de 16 mm (5/8") y 60 cm de longitud.
- ✓ Una bandeja o recipiente.

Procedimiento

- ✓ Primero se determina el peso y volumen del molde.
- ✓ Se coloca la arena en el molde sin compactar.
- ✓ Una vez que esté lleno el molde enrasar la superficie con la varilla.
- ✓ Pesar el molde contenido con arena.

b) Ensayo del Peso Unitario Compactado del Agregado Fino

Este método de ensayo consiste determinar el peso unitario compactado del agregado fino.

Equipos y Accesorios:

- ✓ 01 balanza de 0.05 kg con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.
- ✓ 01 molde
- ✓ Varilla de acero lisa de 16 mm (5/8") y 60 cm de longitud.
- ✓ Una bandeja o recipiente.

Procedimiento

- ✓ Primero se determina el peso y volumen del molde.
- ✓ Se coloca el material en el molde en tres capas de igual volumen aproximadamente, cada capa se empareja con la mano y se apisona con 25 golpes con la varilla lisa distribuida de manera uniformemente cada capa.
- ✓ Al apisonar la primera capa se debe de evitar que la varilla golpee al fondo del molde. Al apisonar las capas superficiales se aplica una fuerza necesaria para que la varilla solamente atravese la respectiva capa.
- ✓ Una vez que esté lleno el molde se enrasa la superficie con la varilla.
- ✓ Pesar el molde contenido del material compactado.

4.7.1.2.5 Ensayo del Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Grueso y Fino

a) Ensayo del peso unitario suelto del agregado grueso y fino

Este método de ensayo consiste determinar el peso unitario suelto del agregado grueso y fino.

Equipos y Accesorios:

- ✓ 01 balanza de 0.05 kg con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.
- ✓ 01 molde
- ✓ Varilla de acero lisa de 16 mm (5/8") y 60 cm de longitud.
- ✓ Una bandeja o recipiente.

Procedimiento

- ✓ Primero se determina el peso y volumen del molde.
- ✓ Colocar el material en el molde sin compactar.
- ✓ Una vez que esté lleno el molde enrasar la superficie con la varilla.
- ✓ Pesar el molde contenido con arena.

Figura N° 6: Peso Unitario Suelto Del Agregado Grueso



b) Ensayo del peso unitario compactado del agregado grueso y fino:

Este método de ensayo consiste determinar el peso unitario compactado del agregado fino.

Equipos y Accesorios:

- ✓ 01 balanza de 0.05 kg con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.
- ✓ 01 molde
- ✓ Varilla de acero lisa de 16 mm (5/8") y 60 cm de longitud.
- ✓ Una bandeja o recipiente.

Procedimiento

- ✓ Primero se determina el peso y volumen del molde.
- ✓ Se coloca el material en el molde en tres capas de igual volumen aproximadamente, cada capa se empareja con la mano y se apisona con 25 golpes con la varilla lisa distribuida de manera uniformemente cada capa.
- ✓ Al apisonar la primera capa se debe de evitar que la varilla golpee al fondo del molde. Al apisonar las capas superficiales se aplica una fuerza necesaria para que

la varilla solamente atravésé la respectiva capa.

- ✓ Una vez que esté lleno el molde se enrasa la superficie con la varilla.
- ✓ Pesar el molde contenido del material compactado.

Figura N° 7: Peso Unitario Compactado Del Agregado Grueso



4.7.1.2.6 Ensayo de Contenido de Humedad del Agregado Fino y del Agregado Grueso

Este método de ensayo consiste determinar el contenido de humedad del agregado fino y grueso.

Equipos y Accesorios:

- ✓ 01 balanza de 0.05 kg con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.
- ✓ Horno de temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- ✓ Recipiente

Procedimiento

- ✓ Primero se determina el peso del recipiente.
- ✓ Pesar el recipiente más la muestra.
- ✓ Colocar en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 12 a 14 horas
- ✓ Retirar del horno y pesar registrar el primer peso
- ✓ Volver a colocar en el horno hasta registrar peso constante.

Figura N° 8: Contenido De Humedad Del Agregado



4.7.1.2.7 Ensayo de PH

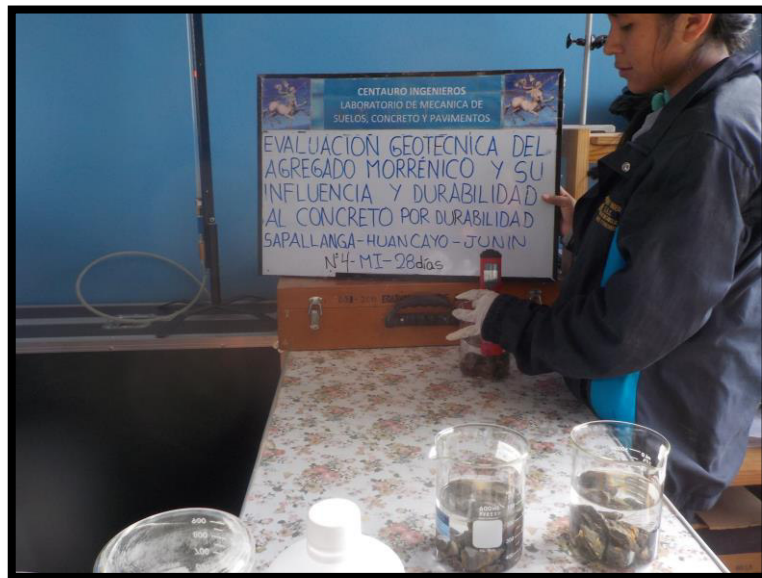
Equipos y Accesorios:

- ✓ Estufa de temperatura 103° a 110°C
- ✓ Vaso de precipitación 80 ml – 1000 ml
- ✓ Papel Whatman de 125 mm ϕ
- ✓ Agua destilada

Procedimiento

- ✓ Separación del material que pasa por la malla N° 10 la cantidad de 100g.
- ✓ Se coloca el material en vaso de precipitación de 1000 ml y se añade 300 ml de agua destilada.
- ✓ Hervir la alícuota durante 1 hora a temperatura de 104° a 105° C.
- ✓ Dejar decantar la alícuota durante 1 hora aproximadamente.
- ✓ Separamos en un vaso de precipitación de 80 ml la alícuota, para filtrar en un papel Whatman de 125 mm de diámetro.
- ✓ A la alícuota ya filtrada añadimos (tiras) lo cual va a variar el color según el PH de la alícuota ya sea básica o acida. Esta alícuota debe de trabajar en un rango de PH de $6 \leq \text{PH} \leq 8$.
- ✓ Si en el caso de que la alícuota sea > 6 se añade bicarbonato de sodio para entrar al rango establecido en la norma NTP.
- ✓ Si es < 8 , se usa ácido nítrico para bajar el PH.

Figura N° 9: PH En Agregado



4.7.1.2.8 Ensayo de Equivalente de Arena

Este Ensayo consiste en indicar, bajo condiciones estándar las proporciones relativas de suelos arcillosos o finos plásticos y polvo en suelos granulares y agregados finos que pasan el tamiz N°4 (4,75mm).

Equipos y Accesorios:

- ✓ 03 cilindros graduados, transparentes de plástico acrílico con tapón de jebe.
- ✓ 01 tubo irrigador
- ✓ 01 dispositivo de pesado de pie y ensamblaje del sifón.
- ✓ 01 tamiz N°4 (4,75mm)
- ✓ 01 lata cilíndrica de medición aprox. 57mm (2 ½”) de diámetro, con capacidad de 85 ml +- 5 ml
- ✓ 01 embudo de boca ancha
- ✓ 01 reloj con lectura en minutos y segundos
- ✓ 01 bandeja

Procedimiento

- ✓ Secado de la muestra obtenida.
- ✓ Cuarteo de la muestra, para la obtención de una muestra representativa.
- ✓ Tamizar por el tamiz N°4 (4,75mm) la muestra representativa para obtener de 1k a 1 ½ k de muestra pasante por la malla N°4.
- ✓ La muestra de 1k a 1 ½ k que pasa por la malla N°4, se hace secar en el horno a 110°C +- 5°C, por un tiempo de 24 horas.
- ✓ Pasado las 24 horas se retira del horno y se deja enfriar el material a temperatura ambiental, una vez enfriado el material se pone a pesar hasta obtener un peso constante de 0,01 gr.
- ✓ Preparar la muestra en una bandeja, humedeciendo con la ayuda de la pizeta hasta que la muestra sea trabajable (esto nos ayuda a no perder los finos).
- ✓ Pesar aproximadamente de 150 gr a 200 gr y ubicarlo en una capsula.

- ✓ Añadir la solución stock las 3 probetas hasta 102 ml.
- ✓ Añadimos la muestra de 150 gr a 200 gr a la probeta, luego dejar reposar por 10 min.
- ✓ Pasado los 10 min. se tapa la probeta con su tapo de jebe y se procede agitar en forma horizontal haciendo 90 ciclos en 30 seg. colocar la probeta sobre la mesa de trabajo y remover el tapón de jebe.
- ✓ En el proceso de irrigación se mantiene la probeta vertical y la base en contacto con la superficie de trabajo. Inserta el tubo de irrigación en la parte superior de la probeta, remover los sujetadores de la manguera y enjuagar el material de las paredes de la probeta con la solución stock hasta 380 ml.
- ✓ Dejar reposar 20 minutos y luego lectura las arcillas o finos que el material contenga.
- ✓ Después que se ha tomado la lectura de arcilla, coloque el dispositivo de pesado de pie sobre la probeta y baje lentamente el dispositivo, hasta que descansa sobre la arena. No permitir que el indicador toque el interior del cilindro, y luego se procede a dar la lectura de la arena.

Figura N° 10: Equivalente De Arena



4.7.1.2.9 Ensayo de Material que Pasa por la Malla 200

Este método de ensayo consiste en la separación de partículas menores que 75 μm (N° 200). Se efectúa por lavado con agua a través del tamiz N° 200 (75 μm).

Equipos y Accesorios:

- ✓ 01 juego de tamices de 425 μm (N° 40) de diámetro de los números 60, 140 y 200; así como fondo y tapa.
- ✓ 01 balanza de 1 kg y 0.1 g de sensibilidad
- ✓ Horno
- ✓ 02 juegos de recipientes.

Procedimiento

- ✓ Realizar el cuarteo para obtener una muestra representativa.
- ✓ Llevar al horno la muestra representativa para su secado a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta obtener un peso constante y que se pesa con una aproximación de 0.1 g.
- ✓ El peso de la muestra para determinar el contenido de humedad debe estar entre el 20% y 30% del peso del espécimen de ensayo.
- ✓ Una vez preparado la muestra, colocar a la malla superior (tamiz N°40).
- ✓ Lavar la muestra de ensayo a través de las mallas por medio de un corrido de agua. El material puede ser ligeramente manipulado para facilitar el tamizado, teniendo cuidado que no se produzca pérdida de material.
- ✓ Continuar el lavado hasta que el agua que pasa a través del tamiz salga clara.
- ✓ Secar el material retenido y pesar.

Figura N° 11: Material Que Pasa Por La Malla N°200



4.7.1.2.10 Ensayo de Abrasión de los Ángeles

Sirve para determinar la resistencia a la degradación utilizando la Máquina de Los Ángeles.

Equipos y Accesorios:

- ✓ 01 máquina de los Ángeles
- ✓ 01 balanza de 1 kg y 0.1 g de sensibilidad
- ✓ 01 juego de tamices de 25,00 mm (1 pulgada) de diámetro de los números $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", $\frac{1}{4}$ ", N°4, N°8 y N°12.
- ✓ Juego de esferas de aproximadamente 46.8 mm (1 $\frac{27}{32}$ pulg.) de acuerdo con el método:
 - MÉTODO A: 12 esferas
 - MÉTODO B: 11 esferas
 - MÉTODO C: 8 esferas
 - MÉTODO D: 6 esferas
- ✓ Horno

Procedimiento

- ✓ Realizar el cuarteo respectivo del material para obtener una muestra representativa.
- ✓ Tamizar la muestra representativa por las mallas que indica en la tabla N° 5 del MTC E 207, para la elección del método a ensayar de acuerdo con la gradación del material.
- ✓ Una vez elegido el método, procedemos a pesar el material de acuerdo con el método elegido ya sea A, B, C o D.
- ✓ Se procede a lavar el material a ensayar, una vez lavado se seca en el horno a una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- ✓ Se coloca la muestra y la cantidad de esferas en la máquina de los Ángeles.
- ✓ Se programa la máquina para 500 revoluciones a una velocidad de 30 a 33 RPM.
- ✓ Una vez terminado el proceso, extraer la muestra en una bandeja.
- ✓ Procedemos a tamizar por la malla N°12, el material que es retenido en la malla N°12 se pesa y se registra, si el material está esencialmente libre de revestimiento y polvo el requerimiento de lavado puede ser obviado, pero siempre se requiere secar antes del ensayo. Por lo tanto, en el caso del ensayo de arbitraje se efectuará el lavado.
- ✓ Si en caso contrario se volviera a lavar el material retenido en la malla N°12, se procede al secado al horno o estufa respetando los límites de temperatura de secado ($110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$), respectivamente hasta obtener una masa constante.

Tabla N° 2: MTC – Gradación De Muestras De Ensayo

Gradación de las muestras de ensayo					
Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 ½")	25,0 mm (1")	1 250 ± 25	-,-	-,-	-,-
25,0 mm (1")	19,0 mm (¾")	1 250 ± 25	-,-	-,-	-,-
19,0 mm (¾")	12,5 mm (½")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-,-	-,-
12,5 mm (½")	9,5 mm (3/8")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-,-	-,-
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (¼")	-,-	-,-	2 500 ± 10	-,-
6,3 mm (¼")	4,75 mm (N° 4)	-,-	-,-	2 500 ± 10	-,-
4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)	-,-	-,-		5 000
TOTAL		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales – 2016

Figura N° 12: Abrasión De Los Ángeles



4.7.1.2.11 Ensayo de Impurezas Orgánicas

Este ensayo sirve para una determinación aproximada de la presencia de impurezas orgánicas dañinas en el agregado fino que va a ser usado en concretos o morteros de cemento hidráulico.

Los equipos, materiales e insumos a utilizar son:

- Botellas graduadas: Botellas graduadas de vidrio incoloro, de aproximadamente 350 ml o 470 ml de capacidad nominal, de aproximadamente sección ovalada, equipada con tapón impermeable no soluble en los reactivos especificados. Las graduaciones de la botella serán en milímetros, excepto aquellas no marcadas que pueden ser calibradas y marcadas con graduaciones por el usuario.
- Reactivo solución Hidróxido de Sodio (3%): Disolver 3 partes por peso del reactivo grado hidróxido de sodio (NaOH) en 97 partes de agua.
- Solución estándar de referencia: Disolver reactivo grado dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇) en ácido sulfúrico concentrado (peso específico 1,84) a una relación de 0,250 g/100 ml de ácido.
- La solución deberá ser fresca al momento de la comparación del color, utilizando calor suave si es necesario para efectos de la solución.

A. Preparación del Ensayo

- Se llena la botella graduada con aproximadamente 130 ml de la muestra del agregado fino a ser ensayado. Se guarda el resto de la muestra por si deba ser utilizada luego.
- Se adiciona la solución de hidróxido de sodio hasta que el volumen del agregado fino y el líquido alcance un volumen de aproximadamente 200 ml.
- Se tapa la botella, sacuda vigorosamente, y luego deje reposar por 24 horas.

B. Procedimiento Operatorio

- Procedimiento estándar: Al final de las 24 horas de reposo, se llena un frasco con aproximadamente 75 ml de nivel con la solución de referencia fresca, preparada previamente no más de 2 horas, como se indica.
- Se compara el color del líquido sobrenadante de las muestras de ensayo con el color de la solución estándar y registre si es más clara, igual o más oscura. Efectúe la comparación colocando las botellas cerca y mire a través de ellas.

C. Procedimiento Alternativo

Para definir más precisamente el color del líquido de la muestra de ensayo, pueden ser utilizados los 5 vidrios de color estándar utilizando los siguientes colores:

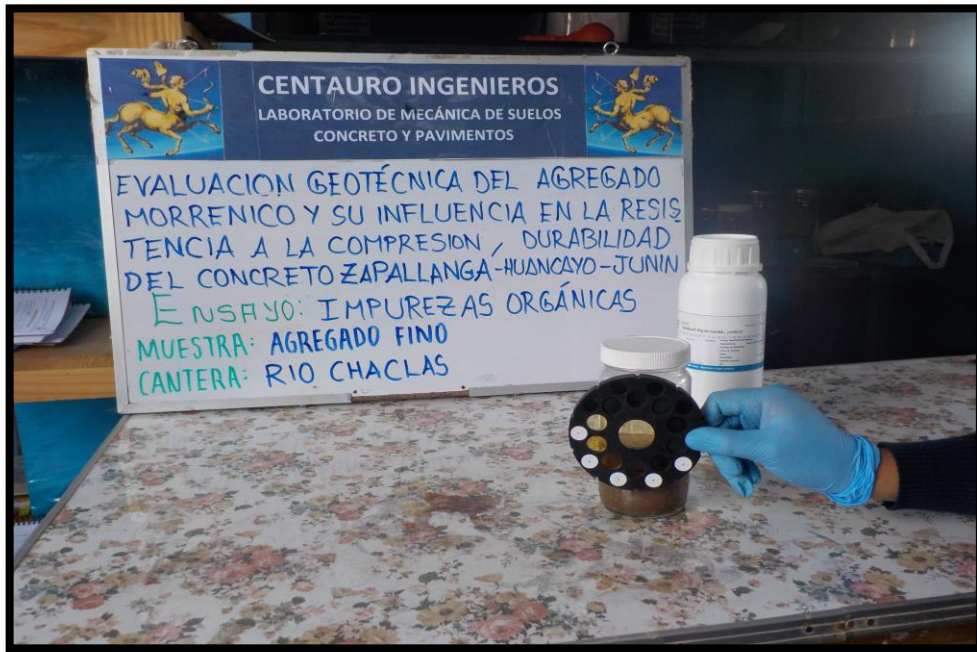
Tabla N° 3: Color del líquido de la muestra de ensayo

COLOR GARDNER STANDARD N°	PLACA ORGANICA N°
5	1
8	2
11	3 (standard)
13	4
16	5

- Cuando se usa este procedimiento alternativo no es necesario preparar la solución de color estándar.

- Si el color del líquido sobrenadante es más oscuro que aquel del color de referencia de la solución estándar o del vidrio patrón, el agregado fino bajo prueba será considerado como que posiblemente contiene impurezas orgánicas dañinas y deberán realizarse pruebas adicionales antes de aprobar el agregado fino para uso en concreto.

Figura N° 13: Impurezas Orgánicas Del Agregado Fino



4.7.1.2.12 Ensayo de Durabilidad al Sulfato de Magnesio

Equipos y Accesorios:

- Tamices para la serie gruesa 2 ½, 2", 1 ½", 1 ¼", 1", ¾", 5/8", ½", 3/8" 5/16"
- Tamices para la serie fina Nro 4, Nro 5, Nro 8, Nro 16, Nro 30, Nro 50, Nro 100
- Recipientes para la inmersión de agregados
- Balanzas de 500 gr con una sensibilidad de 0.1 gr.
- Estufa capaz de mantener una temperatura de 110°C ± 5°C
- Solución de Sulfato de magnesio

Muestras de ensayo

- **Agregado fino:** El agregado fino para el ensayo se pasa por un tamiz normalizado 9,50 mm (3/8"). La muestra es de un peso tal, que una vez tamizada queda por lo menos 100 g de material en cada uno de los tamices. Los pesos retenidos serán por lo menos de 5 % de la muestra tamizada, expresados en función de los siguientes tamices nominales:

Tabla N° 4: Tamices nominales

Pasa el tamiz normalizado	Retenido sobre el Tamiz normalizado
600µm (N° 30)	300µm (N° 50)
1,18 mm (N° 16)	600µm (N° 30)
2,36 mm (N° 8)	1,18 mm (N° 16)
4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)
9,50 mm (3/8")	4,75 mm (N° 4)

- **Agregado grueso:** El agregado grueso para el ensayo será el material retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (N° 4). Este material se ensayará de acuerdo con el procedimiento descrito para agregado fino. La muestra será de un peso tal que una vez tamizada queden las siguientes cantidades de cada uno de los distintos tamaños (los pesos retenidos serán por lo menos el 5% de la muestra tamizada).

Tabla N° 5: Tamaño tamices normalizado de abertura cuadrada

Tamaño (tamices normalizado de abertura cuadrada)	Peso en g
Consistiendo de:	
9,5 mm (3/8") a 4,75 mm (N° 4)	300 ± 5
19,0 mm (3/4") a 9,5 mm (3/8")	1 000 ± 10
Consistiendo de:	
Material de 12,5 mm (1/2") a 9,5 mm (3/8")	300 ± 5
Material de 19,0 mm (3/4") a 12,5 mm (1/2")	670 ± 10
37,5 mm (1 1/2") a 19,0 mm (3/4")	1 500 ± 50
Consistiendo de:	
Material de 25,0 mm (1") a 19,0 mm (3/4")	500 ± 30
Material de 37,5 mm (1 1/2") a 25,0 mm (1")	1 000 ± 50
63,0 mm (2 1/2") a 37,5 mm (1 1/2")	5 000 ± 300
Consistiendo de:	
Material de 50,0 mm (2") a 37,5 mm (1 1/2")	2 000 ± 200
Material de 63,0 mm (2 1/2") a 50,0 mm (2")	3 000 ± 300
Para Tamaños mayores se aumentará el tamaño del tamiz en Incrementos de 25,0 mm (1") para cada fracción.	7 000 ± 1 000

Cuando se ensaya un agregado que contiene apreciables cantidades de agregado fino y grueso, que tengan una graduación de más del 10% en peso mayor que el tamiz 9,5 mm (3/8) y más del 10% en peso menor de 4,75 mm (N° 4) ensayar las muestras por separado de acuerdo con los procedimientos para agregados fino y grueso, respectivamente. Los resultados deberán ser repartidos separadamente para la fracción de agregado fino y grueso, dando los porcentajes de la fracción grueso y fino en la graduación inicial.

Preparación de la muestra de ensayo:

- ✓ **Agregado fino:** Se lava completamente la muestra de agregado fino sobre un tamiz normalizado 300 μm m (No 50), se seca hasta peso constante a 105°C o 110°C, y separar en diferentes tamaños, por tamizado, como sigue se efectuará una separación aproximada de la muestra gradada, por medio de un juego de los tamices especificados.

De las fracciones obtenidas en esta forma se selecciona muestras para disponer de 100 g después de efectuar un tamizado completo. (En general una muestra de 110 g será suficiente). No se usará el agregado fino que se adhiere a las mallas de los tamices al preparar las muestras. Se pesan las muestras de 100 ± 1 g de cada una de las fracciones después del tamizado final y se colocarán en envases individuales para el ensayo.

- ✓ **Agregado grueso:** Se lava y seca completamente las muestras de agregado grueso hasta peso constante a 105°C a 110°C y se separará en los diferentes tamaños indicados en la Sección 5.2 mediante un tamizado completo cuando la porción de ensayo consiste en dos tamaños, pese por separado dentro de las tolerancias de 5.2 y combínelas al peso total designado.
- ✓ Registre el peso de la muestra de ensayo y sus fracciones componentes. Se obtendrá el peso adecuado de la muestra para cada fracción y se colocará en envases individuales para el ensayo. En el caso de fracciones más gruesas que el tamiz normalizado 19,0 mm (3/4”), se contará el número de partículas.

Procedimiento

- ✓ **Inmersión de las muestras en la solución:** Se introducirán las muestras en la solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, durante no menos de 16 h ni más de 18 h, de una manera tal, que la solución las cubra a una profundidad de por lo menos 1,5 cm (Nota 3) Se tapan los envases para disminuir la evaporación y evitar la adición accidental de sustancias extrañas. Las muestras sumergidas en la solución se mantendrán a una temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$ durante el período de inmersión.

Nota 3. Para mantener sumergidos los agregados muy livianos, estos se podrán cubrir con malla de alambre a las cuales se les agregará pesos y se colocarán sobre la muestra dentro del envase.

- ✓ **Secado de las muestras después de la inmersión.** Después del periodo de inmersión se saca la muestra de agregado de la solución, se deja escurrir durante $15 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$ y se coloca en el horno de secar. Previamente, se llevará la temperatura del horno a 105°C ó 110°C . Se seca la muestra a la temperatura especificada hasta obtener un peso constante. Durante el período de secado, se sacan las muestras del horno y se pesan, sin enfriamiento, a intervalos de 2 a 4 h Se puede considerar que se ha alcanzado el peso constante cuando dos pesadas sucesivas para cualquier muestra, realizadas como se describe arriba difieran en menos del 1% del peso de la muestra en 4 h de secado. Después de haber conseguido el peso constante, enfríe la muestra a la temperatura ambiente y luego se sumerge en la solución. Durante el lavado de la muestra, deberá prevenirse impacto o abrasión que puedan ocasionar el quebrantamiento de las partículas.

Número de ciclos: Se repite el proceso alternado de inmersión y secado hasta que se obtenga el número de ciclos requeridos.

Cálculos e informe

Cálculos

- ✓ **Examen cuantitativo:**

Después de completar el ciclo final y enfriado la muestra a temperatura ambiente se lava cada fracción por separado para eliminar el sulfato de sodio o sulfato de

magnesio. Los últimos lavados serán hechos con agua destilada y mediante la reacción con cloruro de bario (BaCl_2) podrá comprobarse si el agua de lavado está libre de las sales anteriores.

Después que ha sido eliminado el sulfato de sodio o sulfato de magnesio, se seca cada fracción de la muestra hasta peso constante a 105°C ó 110°C y luego se anota. Se tamiza el agregado fino a través del mismo tamiz en el cual estaba retenido antes del ensayo.

El agregado grueso se tamizará para cada tamaño apropiado de partícula, a través del cedazo que se indica a continuación.

Tabla N° 6: Tamaño de agregado y tamiz normalizado

Tamaño del agregado	Tamiz normalizado usado para determinar la pérdida
63 mm (2 ½") a 37,5 mm (1 ½")	31,5 mm (1 ¼")
37,5 mm (1 ½") a 19,0 mm (¾")	16,0 mm (5/8")
19,0 mm (¾") a 9,5 mm (3/8")	8,0 mm (5/16")
9,5 mm (3/8") a 4,75 mm (N° 4)	4,0 mm (N° 5)

El método y duración del tamizado del agregado fino será el mismo de la preparación de la muestra. El tamizado del agregado grueso será realizado a mano, con una agitación suficiente solamente para asegurar que el material de menor medida pase la malla. No deberá emplearse manipulación extra para quebrar las partículas para hacerlas pasar por la malla. Pese el material retenido en cada malla y registre. La diferencia entre cada una de estas cantidades y el peso inicial de la fracción ensayada es la pérdida de peso y será expresada como porcentaje del peso inicial utilizado.

- ✓ **Examen Cualitativo:** Se realizará el examen cualitativo de las muestras mayores de 19,0 mm (¾") como sigue (Nota 4). Separe en grupos las partículas de cada muestra, de acuerdo con la acción producida por el ensayo. Registre el número de partículas que muestran cada tipo de acción.

Nota 4. Pueden resultar muchos tipos de acción. En general se pueden clasificar como desintegración, rajadura, desmenuzamiento, rotura, descamación, etc.

Mientras que solamente las partículas mayores de 3/4" requieren de examen cualitativo, se recomienda el examen de las mallas pequeñas para determinar si existe alguna evidencia de excesivas rajaduras.

Figura N° 14: Durabilidad Al Sulfato De Magnesio Del Agregado Grueso



4.7.1.2.13 Ensayo de Cloruros del Agregado Fino y del Agregado Grueso

Es un método de ensayo que permite determinar el contenido de cloruros y sulfatos solubles en agua de los agregados, empleados en la elaboración de mezclas de concreto y morteros.

Aparatos:

- Tamiz N°10.
- Balanza analítica, precisión de 0.1 mg.
- Ph-metro.
- Papel filtro Whatman N°40
- Pipetas volumétricas de 10 ml.
- Vasos de precipitación de 40 ml.
- Vasos de precipitación de 500 ml.

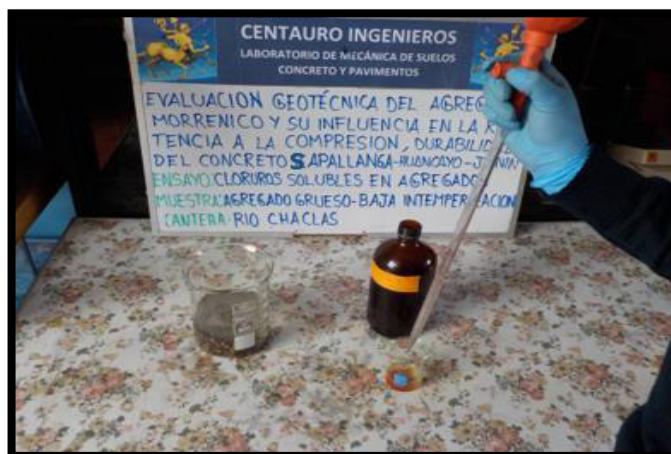
Reactivos Químicos:

- Soluciones buffer
- Hidróxido de aluminio
- Bicarbonato de sodio
- Ácido nítrico
- Cromato de potasio
- Nitrato de plata

Procedimiento:

- Pesar 100 g de la muestra de agregado preparado para análisis (Secada al aire o a no más de 60°C y pasada por el tamiz N°10) en un vaso de precipitación de 500 ml.
- Añadir 300 ml de agua destilada y dejar decantar por una hora.
- Filtrar la suspensión por el papel filtro Whatman N°40 (Si el filtrado es turbio añadir 3 ml de hidróxido de aluminio en 30 ml de la muestra de agregado preparado y filtrar por segunda vez).
- Verificar el pH de 6 a 8 con un pH-metro, si el pH está por debajo de 6 añadir bicarbonato de sodio, si el Ph está por encima de 8 añadir ácido nítrico para ajustarlo al rango deseado.
- Añadir 1 ml de solución cromato de potasio en 10 ml de la muestra de agregado preparado.
- Titular con solución de nitrato de plata hasta que el indicador comience a virar de amarillo a rojo.

Figura N° 15: Cloruros Solubles En El Agregado Grueso



4.7.1.2.14 Ensayo de Sales del Agregado Fino y del agregado grueso

Equipos y Accesorios:

- Tamiz N°10
- Balanza analítica, precisión de 0.1 mg
- Papel filtro Whatman N°40
- Pipetas volumétricas de 10 ml
- Capsulas de evaporación de platino de 100 ml
- Plancha de asbesto
- Estufa de secado a 180°C
- Vasos de precipitación de 500 ml

Reactivos Químicos:

- Ácido nítrico

Procedimiento

- Pesar 100 g de la muestra de agregado preparado para análisis (Secada al aire o a no más de 60°C y pasada por el tamiz N°10) en un vaso de precipitación de 500 ml.
- Añadir 300 ml de agua destilada y dejar decantar por una hora.
- Filtrar la suspensión por el papel filtro Whatman N°40 (Si el filtrado es turbio añadir 1 gota de ácido nítrico y filtrar por segunda vez).

- Pesar la capsula de platino.
- Añadir 25 ml en la capsula de platino.
- Llevar a la estufa a temperatura de $180^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta evaporar al menos una hora.
- Repetir el ciclo de secado, enfriamiento con desecación y pesaje hasta obtener un peso constante o hasta que la variación de peso sea menor al 4% de la pesada anterior ó 1 mg.
- Pesar la capsula de platino más muestra restante

Figura N° 16: Sales Solubles En El Agregado Grueso



4.7.1.2.15 Ensayo de sulfatos del agregado fino y del agregado grueso

Equipos y Accesorios:

- Tamiz N°10
- Balanza analítica, precisión de 0.1 mg
- Papel filtro Whatman N°40
- Pipetas volumétricas de 10 ml

- Capsulas de porcelana de 60 ml
- Plancha de asbesto
- Estufa de secado a 180°c
- Vasos de precipitación de 500 ml

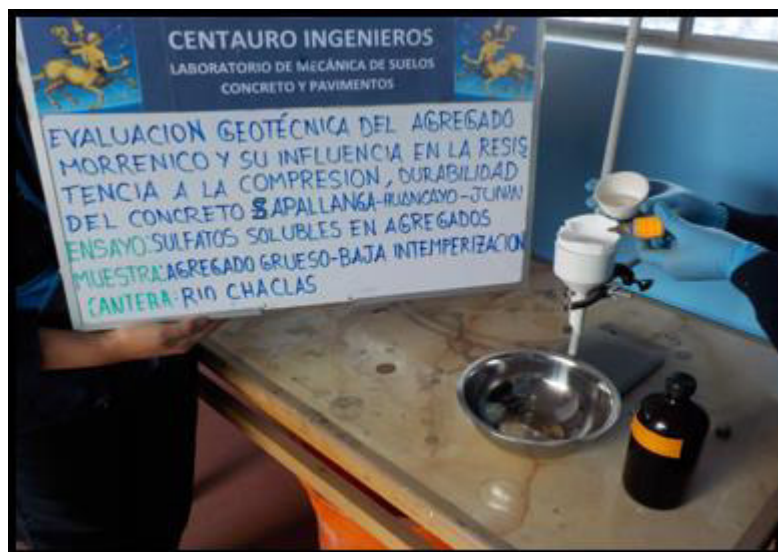
Reactivos Químicos:

- Ácido nítrico
- Cloruro de bario
- Nitrato de plata

Procedimiento: Método A (Método Gravimétrico)

- Pesar 100 g de la muestra de agregado preparado para análisis (Secada al aire o a no más de 60°c y pasada por el tamiz N°10) en un vaso de precipitación de 500 ml.
- Añadir 300 ml de agua destilada y dejar decantar por una hora.
- Filtrar la suspensión por el papel filtro Whatman N°40 (Si el filtrado es turbio añadir 1 gota de ácido nítrico y filtrar por segunda vez).
- Pipetear 30 ml del extracto de agregado.
- Calentar 5 ml de solución cloruro de bario y añadir a los 30 ml del extracto de agregado (Esperar un periodo de sedimentación como mínimo 2 horas).
- Pesar el papel filtro seco Whatman N°40.
- Filtrar la solución diluida en el extracto de agregado, sobre el papel filtro Whatman N°40 (El precipitado se lava con agua caliente y una gota de nitrato de plata).
- Pesar el papel filtro húmedo Whatman N°40.
- Llevar el papel filtro húmedo a la estufa a temperatura de 800°c hasta carbonizar por una hora.
- Pesar el papel filtro carbonizado Whatman N°40.

Figura N° 17: Sulfatos Solubles En El Agregado Grueso



4.7.1.2.16 Ensayo de Carbonatación

Este ensayo sirve para verificar si el concreto ha sufrido proceso de carbonatación o está sufriendo este proceso y en qué grado.

Aparatos:

- Balanza analítica, precisión de 0.1 mg
- Pipetas volumétricas de 10 ml
- Vasos de precipitación de 250 ml

Reactivos Químicos

- Fenolftaleína al 5%.

Procedimiento:

- Preparar la solución de fenolftaleína al 5% (5 g de fenolftaleína en 100 ml de alcohol isopropílico).
- Rociar la solución de fenolftaleína en el espécimen de concreto recién fracturado (En caso el color del espécimen del concreto impregnada vira a un púrpura intenso se interpreta como no carbonatado y si no cambia de color se supone carbonatado).

Figura N° 18: Vista del ensayo de Carbonatación de los especímenes con $F'C=210$ kg/cm² elaborado con agregado grueso y fino provenientes del distrito de Pilcomayo

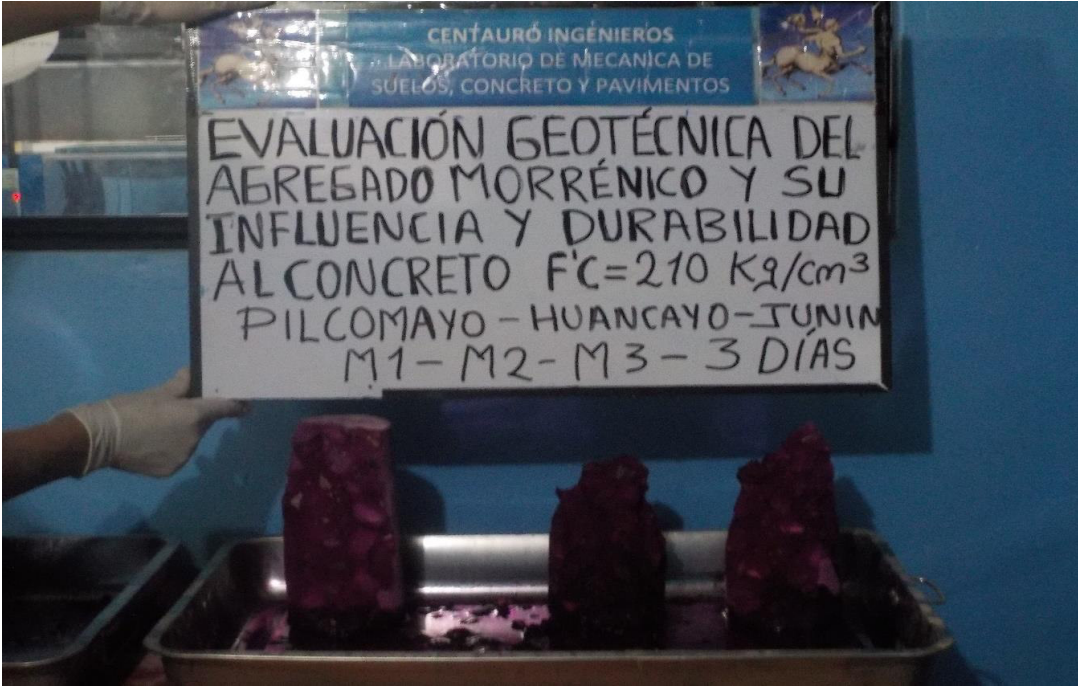


Figura N° 19: Vista del ensayo de Carbonatación de los especímenes con $F'C=210$ kg/cm² elaborado con agregado grueso de baja intemperización



Figura N° 20: Vista del ensayo de Carbonatación de los especímenes con $F'C=210$ kg/cm² con agregado grueso de media Intemperización

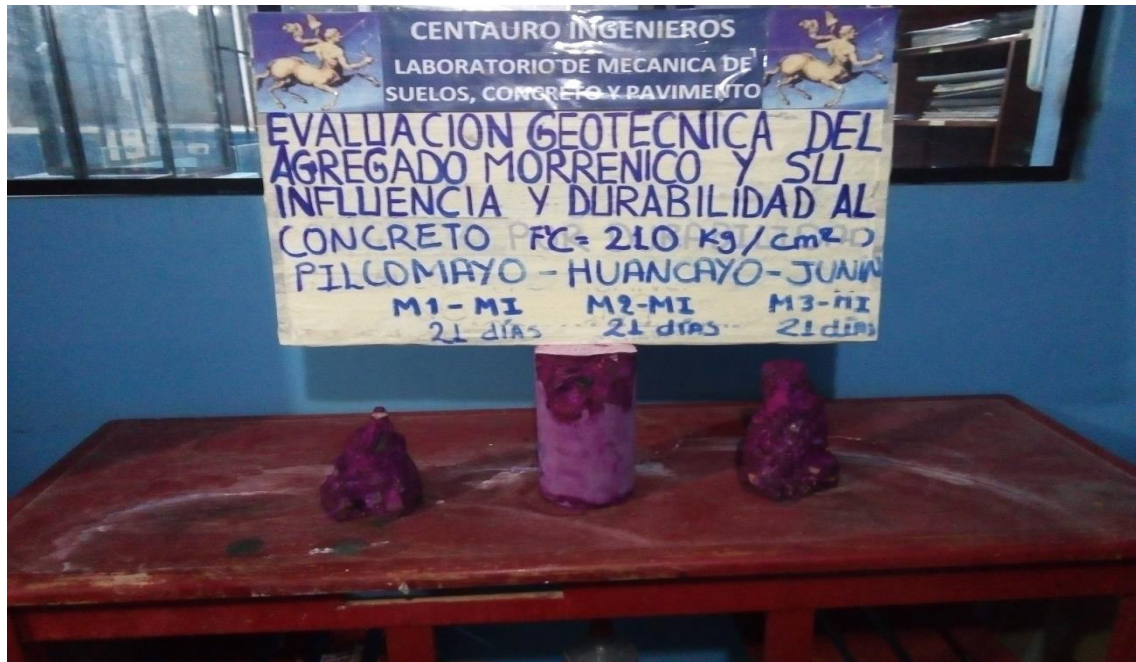


Figura N° 21: Vista del ensayo De Carbonatación de los especímenes con $F'C=210$ kg/cm² con agregado grueso de alta intemperización



4.7.1.2.17 Método De Ensayo Normalizado Para La Determinación De La Resistencia A La Compresión Del Concreto En Muestras Cilíndricas

Aparatos:

- Máquina de Ensayo
- Bloque Esférico Superior
- Bloque Esférico Inferior
- La Rotula
- El Soporte
- Almohadillas

Procedimiento:

- Los cilindros serán ensayados en condición húmeda.
- Los cilindros serán fracturados dentro del tiempo permisible, tolerancias permisibles:

Tabla N° 7: Tolerancias Permisibles

EDAD DE ENSAYO	TOLERANCIA PERMISIBLE
24 h	± 0,5 h ó 2,1%
3 d	± 2 h ó 2,8%
7 d	± 6 h ó 3,6%
28 d	± 20 h ó 3,0%
90 d	± 48 h ó 2,2%

- Colocación del espécimen:
 - ✓ Limpiar las caras de contacto de los bloques superior e inferior, las del espécimen de ensayo y las almohadillas. Colocar el espécimen sobre el bloque inferior y debajo del bloque de apoyo del asiento esférico (superior). Cuidadosamente alinear los ejes del espécimen con el centro de empuje de la rótula del bloque de asiento esférico.

- ✓ Antes de ensayar el espécimen, verificar que el indicador de caga este cero, previo a la aplicación de la carga inclinar manual y suavemente la parte móvil del bloque de asiento esférico, de modo que la superficie de apoyo sea paralela a la parte superior del espécimen.
- Velocidad de la carga
 - ✓ Aplicar la carga continuamente y sin impacto.
 - ✓ Velocidad de esfuerzo de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s esta velocidad será mantenida al menos durante la mitad final de la fase de carga anticipada.
 - ✓ Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de la carga anticipada, ser permitida una alta velocidad, siendo está controlada para que el espécimen no se someta a cargas de choque.
- Registro de fractura
 - ✓ Registrar la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo y anota el tipo de patrón de fractura brevemente.
 - ✓ Si el patrón de fractura no es ninguno de los patrones típicos mostrados en la *figura 33*, bosquejar y describir brevemente el patrón de fractura,
 - ✓ Si la resistencia medida es menor a lo esperado, examinar la fractura del concreto y notar la evidencia de segregación, y la presencia de grandes vacíos de aire, verificar si el refrentado se realizó en conformidad con las NTP 339.037 o 339.216.

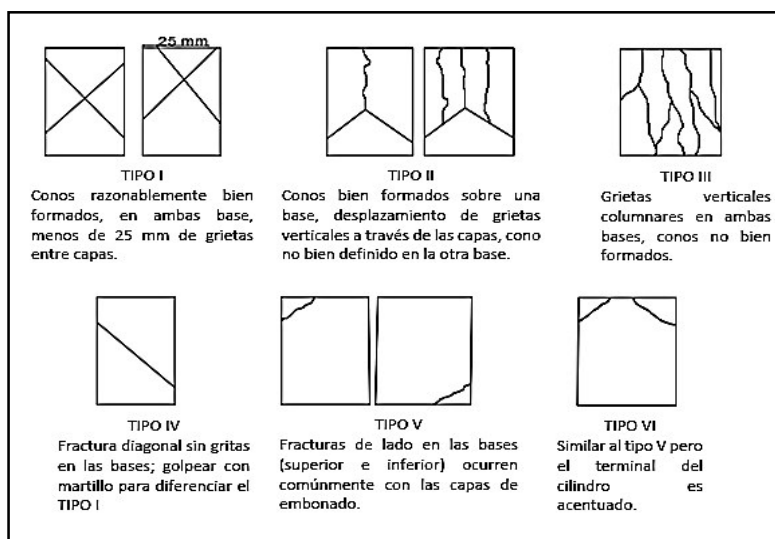


Figura N° 22: Vista de la rotura de espécimen con $F'C=210$ kg/cm² elaborado con agregado grueso y fino provenientes del distrito de Pilcomayo



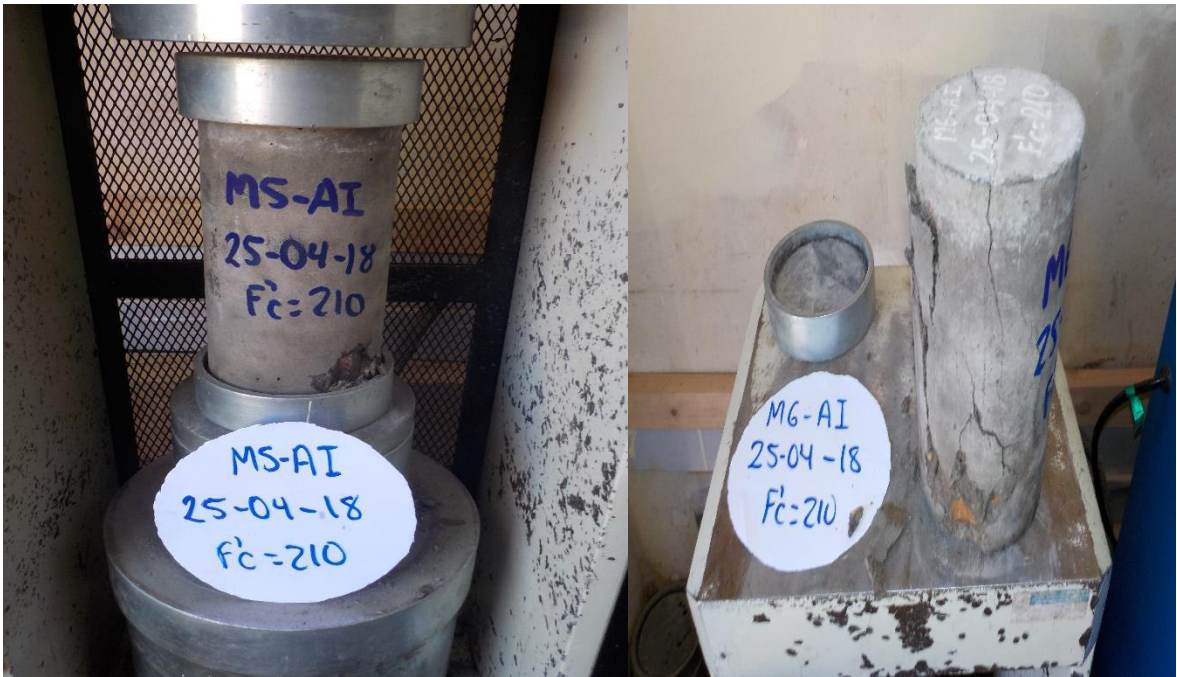
Figura N° 23: Vista de la rotura de espécimen con $F'C=210$ kg/cm² con agregado grueso de baja intemperización



Figura N° 24: Vista de la rotura de espécimen con $F'C=210$ kg/cm² con agregado de media intemperización



Figura N° 25: Vista de la rotura de especímenes con $F'C=210$ kg/cm² con agregado grueso de alta intemperización



CAPÍTULO V: GEOLOGÍA DEL VALLE DE HUANCAYO

5.1 Ubicación, Extensión y Accesibilidad de la Zona

El sector donde se han realizado las Investigaciones para la presente tesis se encuentra dentro de la Región Junín en la Provincia de Huancayo, se halla emplazada en el flanco Oriental de la Cordillera Oriental de los Andes Peruanos.

La orografía donde se sitúa el sector es considerada Tipo I (terreno llano), y la altitud media es de 3,220 msnm.

El acceso a la zona de estudio es posible por vía aérea hasta la ciudad de Jauja y por vía terrestre hacia la zona de estudio la misma que se suscribe a la carretera Central hasta llegar a la zona de emplazamiento del proyecto de la carretera longitudinal de la Sierra.

Vía Terrestre

Por vía terrestre el acceso por la carretera Central, partiendo desde Lima hacia Huancayo, donde se ubica la zona de estudio.

Lima	Huancayo	300.00 km	Carretera asfaltada
------	----------	-----------	---------------------

Vía Aérea

Lima	Jauja (Aeropuerto Jauja)	1 hora
------	--------------------------	--------

5.2 Geología Regional

Las características Geológicas del Valle de Huancayo están ligados al tectonismo y formación de los Andes del Perú Central en donde se diferencian dos de las tres unidades geomorfológicas con rumbo NW-SE, las que son: Las Altas Mesetas Centrales y La Cordillera Oriental, además parte de la depresión interandina de Jauja - Huancayo y la pequeña depresión de Ingahuasi.

5.2.1 Geomorfología

A continuación, se describen las Unidades morfológicas:

Altas mesetas centrales

Esta unidad se presenta como un conjunto de cimas truncadas por erosión. La superficie queda entre 4,000 y 4,400 m.s.n.m y has sido llamada "Superficie Puna" por Bowan

(1916). Y McLaughlin (1924), encima del nivel promedio de la superficie se yerguen algunas cumbres como el Stock ácido del cerro Huacravilca (5,000 m) en el sur del cuadrángulo, o bien este macizo es un relieve residual, o el stock, después de su emplazamiento siguió ascendiendo aun estando al aire libre.

En el curso del cuaternario la erosión glacial y fluvial ha disectado la Superficie Puna, excavando en rocas más blandas como las capas rojas del Cretáceo - Terciario y dejando en relieve los afloramientos más resistentes, cuyas cumbres aplanadas testimonian su antigua extensión.

Cordillera Oriental.

En la región de Huancayo la Cordillera Oriental se caracteriza por una gran uniformidad en la latitud de sus cumbres, estas son en el caso de las Altas Mesetas del lado occidental que se relacionan con la Superficie Puna, aquí también la superficie ha sido destruida en gran parte por la erosión de los glaciares y torrentes.

Cerca del cuadrángulo de Jauja (Este del cuadrángulo de Huancayo), la cordillera de Huaytapallana se levanta hasta 5,000 m. de latitud, de sus cumbres nevadas descienden glaciares de valle hasta los 4,700 m. Este accidente topográfico remarcable puede ser también un terreno residual, pero el límite occidental del macizo es una falla pro lo que se confunde entre un Horst o un relieve residual, o a la vez, es un Horst y un relieve residual. Las microformas de relieve están bajo la influencia del hielo residual y deshielo y en los escasos sinclinales calcáreos se advierten microlenares.

Depresión de Huancayo.

La depresión Jauja - Huancayo es alargada en dirección NW-SE; tiene una longitud aproximada de 70 KM, con un ancho que varía entre 3 a 15 km.; en el cuadrángulo de Huancayo su altura varía entre 3,160 y 3,350 m. El río Mantaro atraviesa siguiendo su eje el fondo de la cuenca; está tapizado por espesas formaciones cuaternarias que construyen un sistema de terrazas escalonadas, localmente interrumpidas por los conos aluviales de los afluentes del Mantaro; las terrazas más antiguas están afectadas por flexuras y pliegues bien caracterizados.

La formación de la de depresión Jauja - Huancayo es consecuencia del ondulamiento general con gran radio de curvatura de la Superficie Puna contemporáneo o algo posterior al levantamiento de los Andes.

Depresión de Ingahuasi.

Esta unidad se presenta como una extensa planicie rodeada de cerros que forman parte de las Altas Mesetas, tienen 35 km. de largo y un ancho que varía entre 1,5 y 8 km. el material de relleno es mayormente fluvioglaciárico depositado en forma muy pareja, lo que explica su notable horizontalidad desarrollada entre los 3,800 a 3,900 m de altitud.

La planicie está dividida de norte a sur en tres mesas desiguales las que se les conoce y se denominan pampas de Ingahuasi, Antapongo y Tucle; éstas formadas y delimitadas por los ríos Canipaco y la Virgen los que recorren el valle encañonado.

Esta depresión tampoco es limitada por fallas y en consecuencia su génesis es todavía un problema; lo que parece seguro es que el bloque que delimita por el este se ha levantado en el curso del Cuaternario, fenómeno que también ha incluido en el drenaje.

5.2.2 Litoestratigrafía

A continuación, se pasa a describir las distintas unidades geológicas que afloran en el valle de Huancayo:

Grupo Excélsior. - Este grupo aflora en la cordillera oriental (parte NE de cuadrángulo), compuesta esencialmente de sedimentos tipo "flysch", y de una menor cantidad de pizarras con intercalaciones de cuarcitas. En ciertas zonas dichos sedimentos pasan progresivamente a esquisto clorítico y sericíticos, pero no se observan rocas de metamorfismo más intenso. Las rocas del grupo Excélsior es bastante semejante a las rocas del Carbonífero inferior

Los estudios realizados en la serie del Paleozoico inferior y medio en el cuadrángulo 25-m de Huancayo no llegaron a permitir la división en formaciones, en las series, es por ello a estas series se denomina Grupo Excélsior.

Este grupo pertenece a la edad Paleozoico inferior medio

Grupos Ambo, Tarma y Copacabana. - Constituidas por sedimentos y rocas metamórficas, cuyas capas descansan sobre las rocas del Grupo Excélsior. Los sedimentos están conformados por conglomerados gris oscuros, areniscas conglomerádicas negras, lutitas arenosas y areniscas con restos de plantas; y leves afloramientos de esquistos arenosos que pasan gradualmente a cuarcitas blanquecinas y lilas, además afloramiento de delgadas capas de pizarras negras con intercalaciones delgadas de cuarcita negra.

Edad, perteneciente al carbonífero y pérmico inferior.

Grupo Mitú (Pst-mi). - Aflora en la parte NE de cuadrángulo de Huancayo, el grupo presenta facies de conglomerados, areniscas, lutitas y lavas ácidas a intermedias, teniendo en común todas las rocas un color dominante que varía entre el rojo ladrillo y el violeta.

Edad, perteneciente al paleozoico superior, conteniendo rocas de origen continental y siendo escasos restos de fauna y flora.

Grupo Pucara (TrJi-pu). - En el área de Huancayo el grupo Pucará tiene numerosos afloramientos alargados de rumbo NW-SE, tanto en la Cordillera Oriental, donde constituyen los estratos más recientes conservados en los sinclinales, como en las altas mesetas donde forma el núcleo de todos los anticlinales. El grupo presenta dos facies: una occidental que se encuentra en las Altas Mesetas y otra oriental que se desarrolló en la Cordillera Oriental. Consisten mayormente de calizas.

Facies Occidentales: El grupo Pucará se divide en tres unidades litoestratigráficas:

Formación Chambará (TrJi-Cha): Unidad inferior bastante mal expuesta, compuesta de calizas grises bandeadas en la base con abundante chert y hasta fajas de ftanita en la parte superior. Edad perteneciente al Noriano y Noro Retiano.

Formación Aramachay (Ji-ar): Es la clave de la cartografía del grupo Pucará, ya que permite una subdivisión en tres formaciones, sus afloramientos corresponden a zonas blandas cubiertas por pastos y cultivos, enmarcados entre los afloramientos rocosos de las formaciones Chambará y Condorsinga, conformada por areniscas calcáreas de color negro y su color de alteración beige a morado, así como la presencia casi general de nódulos calcáreos discoidales. Edad perteneciente al Hettangiano y parte del Senemuriano.

Formación Condorsinga (Ji-co): La formación consta esencialmente de calizas con algunas intercalaciones de cideritas y margas. Se diferencia de la formación Chambará

noro-retiana, por contener menor proporción de chert, además la cantidad de cherts va disminuyendo conforme uno sube en la secuencia. Edad perteneciente Senemuriano superior a Aaleniano Inferior.

Facies Oriental: Las calizas del grupo Pucará de facies orientales están presentes en los sinclinales de Huangash, Arturito y Huari de la cordillera oriental, ubicados al SW a NE, respectivamente, en estas tres estructuras los estratos Pucará de colores claros descansan en discordancia de erosión encima de lavas y areniscas de color púrpura oscuro del Grupo Mitú, sin embargo, se desconoce su techo, así como su espesor porque ya no se encuentra encima la cubierta cretácea.

El estudio del Grupo Pucará en la cordillera Oriental es por lo general, difícil por la compleción de los pliegues disarmónicos de las calizas, tal como se observan en los sinclinales de Huaritanga y Huari, que merecen más bien el nombre de sinclinorios.

Formación Cercapuquio (Jim-ce). - Aflora en la parte SW de cuadrángulo de Huancayo, la formación presenta limolitas y lutitas grises a rojizas, alternando con areniscas feldespáticas y margas con capas delgadas a medianas. Edad perteneciente al Aaleanionio inferior.

Formación Chunumayo (Jim-ch). - Aflora cerca a la formación puquio y está conformada por en la parte SW de cuadrángulo de Huancayo, la formación presenta limolitas y lutitas grises a rojizas, alternando con areniscas feldespáticas y margas con capas delgadas a medianas. Edad perteneciente al Aaleanionio inferior.

Grupo Goyllarisquizga (Ki-go). - Consta de una sucesión sedimentaria de arenisca con intercalaciones lutáceas (limolitas rojizas y lutitas gris verdosas), areniscas cuarzosas, lentes de carbón.

Esta sucesión se subdivide en tres miembros:

Miembro inferior; compuesta de areniscas blancas a veces arcillosas, de colores brillantes a verde púrpura, con intercalaciones de areniscas grises más recientes que van tomando importancia a medida que va ascendiendo en la secuencia.

Miembro medio; compuesto esencialmente de areniscas blancas a grises, resistentes, en bancos medianos a gruesos.

Miembro superior; intercalación de areniscas blancas con otras más resistentes.

Edad, comprendido entre el neocomiano - aptiano

Formación Chulec (Ki-chu). - Serie calcárea del cretáceo medio y superior, constituida por calizas arenosas, areniscas calcáreas en capas medianas y coloraciones parduzcas. Estas series en el cuadrángulo de Huancayo se diferencian dos unidades:

Miembro Inferior; compuesta de calizas en parte arenosas, con intercalaciones de margas y areniscas, las calizas localmente pasan a lumaquelas. Este miembro termina en el tope de la última intercalación de areniscas. Las capas tienen colores bastantes vivos; varían de blanco a pardusco hasta gris, pasando por el ocre a veces brillante, contienen numerosos restos de pecelípodos y gasterópodos, generalmente mal conservados.

Miembro Superior; compuesta de calizas margosas y calizas de color gris claro a verdoso y ocre, interestratificadas en igual proporción con margas verdosas, las calizas por intemperismo se tornan superficialmente blanquecinas y amarillentas, las calizas son sublitográficas a pseudo - oolíticas, generalmente también contienen nódulos calcáreos, alargados y a veces anastomosados. Edad, comprendido entre el Albiano medio y albiano superior.

Formación Pariatambo (Ki-pto). - Serie calcárea del cretáceo medio y superior, constituida por calizas grises bituminosas con olor fétido y margas fosilíferas, estas series de la formación Pariatambo en el cuadrángulo de Huancayo, se diferencian tres cambios de facies.

Facies 1; Llamamos facies 1 a la clásica facies de la formación, descrita anteriormente.

Facies 2; Está representada por areniscas calcáreas, amarillas a rosadas, en lajas de 5 a 10 cm. de espesor, con abundante fauna de amonites y lamelibranquios típicos de la formación.

Facies 3; Encontradas en la parte baja del Rio Mantaro, identificada por arcillas arenosas y purpuras con bancos de yeso blanco a gris de 20 - 30 cm. y que se agrupan en paquetes de 2 a 5 m. de espesor, están cubiertas por calizas gris compacta seguida de yeso blanco (formación Jumasha).

Edad, perteneciente al Albiano medio

Formación Jumasha (Ks-ju). - Serie calcárea del cretáceo medio y superior. Esta formación sobreyace concordantemente a las calizas Pariatambo; está conformada por

calizas fosilíferas de aspecto brechoide, a veces algo glauconitas, de color amarillento en fracturas fresca y gris claro cuando están alteradas, y la parte superior consta de calizas dolomíticas de color gris, beige a pardusco en capas de 20 a 100 cm., con escasas intercalaciones de margas y a veces con algunas concreciones de chert. Edad, perteneciente al Albiano medio.

Formación Casapalca (Ks-ju). - Series clásticas del cretáceo superior - Eoceno medio. Denominada también como capas rojas, formadas por brechas y conglomerados con cantos calcáreos y cuarcíticos y que a su vez están cementados por un material areno - arcilloso y rojizo; seguida de areniscas con intercalaciones de conglomerados y lutitas, además, se encuentran paquetes lenticulares de calizas bien estratificadas, concrecionadas y a veces con chert, blancas o amarillentas. La mayor parte de los estratos tienen colores brillantes que varían de blanco a verde y amarillento, de rojo a morado y rosado; estos últimos tonos son más frecuentes. Edad, perteneciente al Eoceno medio.

Depósitos volcánicos. - En el cuadrángulo de Huancayo solo se definirán dos unidades de la compleja serie volcánica presente en este sector:

Volcánico Astocomba: consiste una serie de derrames y conglomerados de composición basáltica a andesítica y coloraciones que varían entre marrón, gris, morado y verde.

Volcánico Herú: son domos endógenos de cuyas bases se desprenden coladas andesíticas y andesíticas y dacíticas de poca extensión, de textura porfirítica y de color oscuro.

Formación Yanacancha (N-ya). - Compuesta por intercalaciones de flujos andesíticos, tobas, brechas y domos andesíticos porfiríticos.

Formación Ingahuasi (N-ya). - Se encuentra bien expuesta una secuencia de tufos y travertinos, tobas de cristales con coloración blanquecina. Edad, estas dos formaciones se consideran en el Mio- plioceno y el Plioceno.

Formación Jauja (No-j). - Depósitos cuaternarios conformadas por conglomerados basales cubiertos por areniscas finas y lutitas silíceas ricas en diatomeas, que localmente pasan a verdaderas diatomitas. Las lutitas y areniscas son lacustres y contienen gasterópodos, lamelibranquios y ostrácodos de agua dulce. Parte de los sedimentos Jauja muestran los efectos de un plegamiento nítido que afecta también las terrazas supra yacentes.

Entre el pleistoceno, representado en parte por la formación Jauja, y el reciente se depositaron en el área de Huancayo morrenas, terrazas y depósitos de ladera que en términos generales se correlación con tres grandes etapas de glaciación.

Depósitos correlativos a la 1ra. Glaciación o glaciación "Mantaro" (Q-t1):

Morrenas g1: Presente arriba de los 3500 m. y se reconocen por su fuerte pronunciado encostramiento, su lixiviación y alteración local. La morfología típica de las morrenas, tales como crestas, arcos, etc., ha sido destruida en la mayoría de los casos por la erosión posterior.

Terrazas t1: Compuesta mayormente por conglomerados de cantos bien redondeados hasta de 50 cm. que se hallan en una matriz de cantos chicos y arenas gruesas; estos materiales forman bancos de grosor variable entre 2 a 20 m, y en algunos lugares contienen intercalaciones de bancos arenosos lenticulares, su espesor total alcanza 100m.

Depósitos correlativos a la 2da. Glaciación (Q-t2):

Morrenas g2: Las morrenas de esta glaciación tienen formas morfológicas nítidas y abundan en todos los valles de alturas superiores a 3800 m.

Terrazas y conos de deyección t2: Compuesta por bancos de conglomerados sueltos, formado por cantos bien redondeados hasta de 20 cm. y bancos de arena que localmente pueden invadir gran parte de la secuencia, también se observan areniscas y arcillas, ambas de color rosado.

Depósitos correlativos a la 3ra. Glaciación (Q-t3):

Morrenas g3: Depósitos de pequeños arcos morrénicos entre las grandes morrenas laterales de la segunda glaciación (Q-g2).

Terrazas y aluviones resientes t3: Es la más baja y con varios niveles escalonados entre 4 y 7 m. encima del nivel del río Mantaro. Su material bien redondeado y lavado, consiste en gran parte de cantos arrancados a terrazas más antiguas, el lecho de inundación del río Mantaro está ocupado por material aluvial más reciente, que por lo general no está colonizado por la vegetación, proviene de materiales aluviales recientes provenientes de las terrazas Q-t1 y Q-t2.

Otras unidades cuaternarias:

Depósitos de ladera en la Cordillera Oriental: Afloramiento calcáreos escasos y por tanto el encostramiento de los depósitos es muy reducido, en consecuencia, es difícil separar en campo los depósitos de ladera correlativos de las primeras glaciaciones.

Terra - Rossa: Estas acumulaciones arcillo-arenosas de color rojo muy vistoso se consideran como paleosuelos, se presentan como coluvios en la parte baja de las laderas calcáreas, o están entrampadas en las grietas de disolución de los Karts o en depresiones correspondientes a dolinas, es probable que en parte correspondan a la descalcificación de las calizas y en parte a los residuos de alteración de formaciones superiores hoy erosionadas, en particular el Grupo Goyllarisquizga.

Travertinos: La disolución de las calizas mesozoicas y la subsecuente precipitación de CaCO_2 por las vertientes, dio lugar a la formación de travertinos durante todo en cuaternario.

En resumen, la secuencia del tectonismo acontecido es evidenciada en la actualidad por las estructuras geológicas, constituidas por anticlinales y sinclinales que dominan la región centro y sur del Perú. Cubriendo en parte a estas estructuras se han depositado secuencias volcánicas clásticas y derrames lávicos correspondientes al vulcanismo post-tectónico del Terciario Inferior y procesos geodinámicas correspondientes al cuaternario.

La cuenca Junín-Huancayo ocupa una depresión estructural entre las cordilleras Oriental y Occidental de Perú central. Parte de la cuenca está rellena con depósitos lacustres del Cuaternario antiguo (Formación Jauja) que cubre depósitos aluviales. Estos depósitos disectados por el río Mantaro, forman terrazas aluviales muy prominentes en la pared superior oeste del Río Mantaro de Huancayo, las que fueron estudiadas por Dollfus (1965) y Mégard (1978), quienes asociaron estos depósitos como detritos originados de los glaciales, glaciofluviales provenientes de los glaciares de las cordilleras cercanas. Estos depósitos fueron afectados por diferentes fases de tectonismo característicos de los Andes Peruanos y Bolivianos durante el Plioceno y Cuaternario (Sebrier 1985, Lavenu 1986). La primera fase (Plioceno superior-Cuaternario Medio) fue dominado por compresión y produjo plegamientos, fallas inversas y fallas transformantes. El segundo (Cuaternario Medio- Holoceno) estuvo caracterizado tanto por compresión y extensión. La compresión

(N-S y E-O) afectó la región subandina este de la cadena montañosa principal y las cuencas intramontanas, mientras que la extensión (NS) es más típica en las cordilleras del oeste.

5.3 Geología Local e Hidrografía

En este apartado se describe la geología local del área de estudio.

5.3.1 Estratigrafía

La estratigrafía del corredor corresponde con materiales cuaternarios:

Depósitos correlativos a la 1ra. Glaciación o glaciación "Mantaro" (Q-t1):

Morrenas g1: Presente arriba de los 3500 m y se reconocen por su fuerte pronunciado encostramiento, su lixiviación y alteración local. La morfología típica de las morrenas, tales como crestas, arcos, etc., ha sido destruida en la mayoría de los casos por la erosión posterior.

Terrazas t1: Compuesta mayormente por conglomerados de cantos bien redondeados hasta de 50 cm. que se hallan en una matriz de cantos chicos y arenas gruesas; estos materiales forman bancos de grosor variable entre 2 a 20 m, y en algunos lugares contienen intercalaciones de bancos arenosos lenticulares, su espesor total alcanza 100m.

Depósitos correlativos a la 2da. Glaciación (Q-t2):

Morrenas g2: Las morrenas de esta glaciación tienen formas morfológicas nítidas y abundan en todos los valles de alturas superiores a 3800 m.

Terrazas y conos de deyección t2: Compuesta por bancos de conglomerados sueltos, formado por cantos bien redondeados hasta de 20 cm. y bancos de arena que localmente pueden invadir gran parte de la secuencia, también se observan areniscas y arcillas, ambas de color rosado.

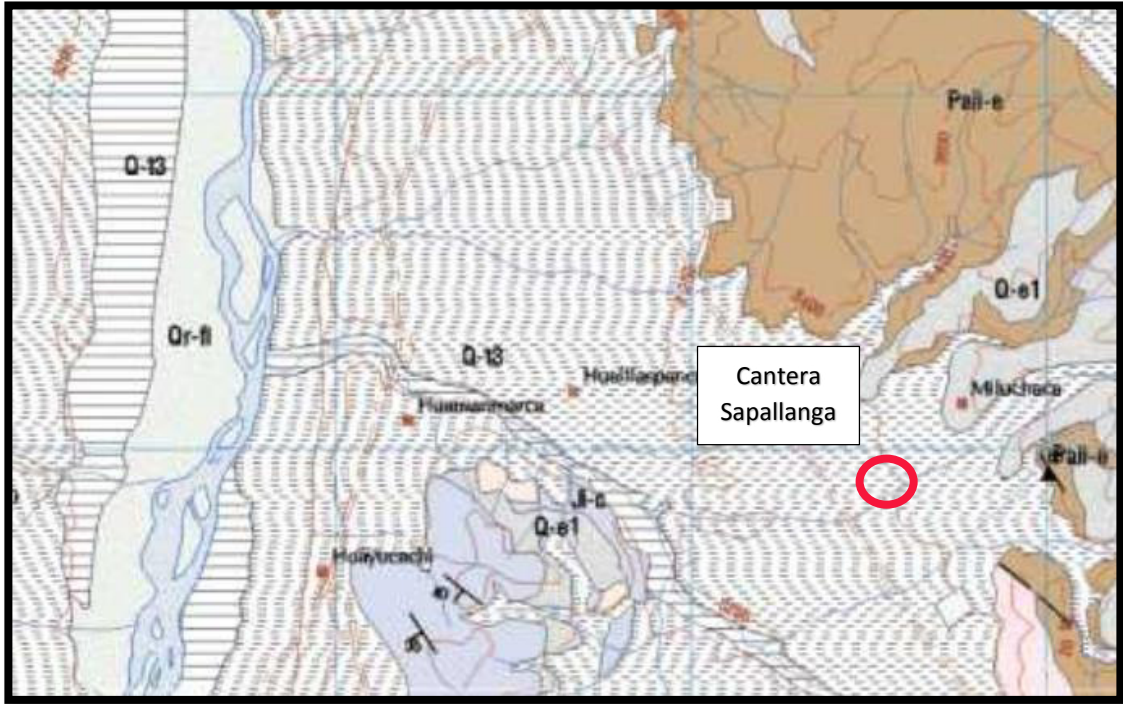
Depósitos correlativos a la 3ra. Glaciación (Q-t3):

Morrenas g3: Depósitos de pequeños arcos morrénicos entre las grandes morrenas laterales de la segunda glaciación (Q-g2).

Terrazas y aluviones resientes t3: es la más baja y con varios niveles escalonados entre 4 y 7 m. encima del nivel del río Mantaro. Su material bien redondeado y lavado, consiste en gran parte de cantos arrancados a terrazas más antiguas, el lecho de inundación del río

Mantaro está ocupado por material aluvial más reciente, que por lo general no está colonizado por la vegetación, proviene de materiales aluviales recientes provenientes de las terrazas Q-t1 y Q-t2.

Figura N° 26: Ubicación de la Cantera - Plano INGEMMET cuadrángulo 25 m – depósitos correspondientes a la 3ra Glaciación



CAPÍTULO VI: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Análisis, Interpretación y Discusión de resultados

6.1.1. Resultados de los Ensayos (resumen)

Figura N° 27: Agregado morrénico de cantera Sapallanga – Río Chaclas subredondeado y redondeado.



Figura N° 28: Cantera de agregado morrénico lado izquierdo Sapallanga – Río Chaclas



Figura N° 29: Material morrénico eliminado a orillas del río Chaclas – margen derecha, no es utilizado como agregado.



Figura N° 30: Material morrénico dentro del cauce del río Chaclas – Sapallanga, que no es utilizado para agregados (agregado subanguloso).



Tabla N° 8: Peso específico y absorción del agregado

CANTERAS	TIPO DE AGREGADO		PESO ESPECIFICO (kg/m3)	ABSORCION (%)
			MPROM	MPROM
CANTERA SAPALLANGA – RÍO CHACLAS	AGREGADO FINO		2.5	3.2
	AGREGADO GRUESO	BAJA INTEMPERIZACIÓN	2.42	1.97
		MEDIA INTEMPERIZACIÓN	2.52	2.32
		ALTA INTEMPERIZACIÓN	2.43	3.15
CANTERA PILCOMAYO	AGREGADO FINO		2.74	3.56
	AGREGADO GRUESO		2.62	1.08

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 9: Peso unitario compactado y peso unitario suelto

CANTERAS	TIPO DE AGREGADO		PESO UNITARIO COMPACTADO	PESO UNITARIO SUELTO
			MPROM	MPROM
CANTERA SAPALLANGA – RÍO CHACLAS	AGREGADO FINO		1815	1707
	AGREGADO GRUESO	BAJA INTEMPERIZACIÓN	1467	1281
		MEDIA INTEMPERIZACIÓN	1419	1210
		ALTA INTEMPERIZACIÓN	1486	1316
CANTERA PILCOMAYO	AGREGADO FINO		1976	1801
	AGREGADO GRUESO		1632	1483

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 10: Contenido de Humedad

CANTERAS	TIPOS DE AGREGADO		CONTENIDO DE HUMEDAD
CANTERA SAPALLANGA RÍO CHACLAS	AGREGADO FINO		6.14
	AGREGADO GRUESO	BAJA INTEMPERIZACIÓN	2.63
		MEDIA INTEMPERIZACIÓN	2.64
		ALTA INTEMPERIZACIÓN	4.71
CANTERA PILCOMAYO	AGREGADO FINO		7.65
	AGREGADO GRUESO		1.28

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 11: PH en Agregados

CANTERAS	TIPO DE AGREGADO		PH
CANTERA SAPALLANGA RÍO CHACLAS	AGREGADO FINO		7
	AGREGADO GRUESO	BAJA INTEMPERIZACIÓN	7
		MEDIA INTEMPERIZACIÓN	7
		ALTA INTEMPERIZACIÓN	7
CANTERA PILCOMAYO	AGREGADO FINO		8
	AGREGADO GRUESO		8

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 12: Equivalente de arena

CANTERAS	TIPO DE AGREGADO	EQUIVALENTE DE ARENA
CANTERA SAPALLANGA RÍO CHACLAS	AGREGADO FINO	84.78
CANTERA PILCOMAYO	AGREGADO FINO	87.56

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados del ensayo de equivalente de arena del agregado fino para ambas canteras se puede concluir que es un agregado limpio a fin de poder utilizarse para la elaboración de concreto.

Tabla N° 13: Pasante por la malla n°200

CANTERAS	TIPO DE AGREGADO	PASANTE DE LA MALLA 200
CANTERA SAPALLANGA RÍO CHACLAS	AGREGADO FINO	0.82
CANTERA PILCOMAYO	AGREGADO FINO	3.96

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados del ensayo Pasante por la malla N° 200 se aprecia que el agregado fino de la cantera de Sapallanga – Río Chaclas cumple con la normativa y el agregado fino de la cantera Pilcomayo no cumple ya que presenta más de 3% de material pasante por la malla N° 200.

Tabla N° 14: Abrasión de los Ángeles

CANTERAS	AGREGADO		% DE DESGASTE
CANTERA SAPALLANGA RÍO CHACLAS	AGREGADO GRUESO	BAJA INTEMPERIZACIÓN	16.08
		MEDIA INTEMPERIZACIÓN	19.40
		ALTA INTEMPERIZACIÓN	23.68
CANTERA PILCOMAYO	AGREGADO GRUESO		12.84

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados del ensayo de abrasión de los ángeles se puede apreciar que el agregado de la cantera de Pilcomayo presenta menos desgaste frente a la cantera de Sapallanga – Río Chaclas (con diferentes grados de intemperización), sin embargo, cumplen con la normativa NTP 400.037, donde se requiere que el desgaste no sea mayor a 50%.

Tabla N° 15: Impurezas orgánicas

CANTERAS	AGREGADO	PLACA ORGÁNICA N°
CANTERA SAPALLANGA RÍO CHACLAS	AGREGADO FINO	1-2
CANTERA PILCOMAYO	AGREGADO FINO	1-2

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados de impurezas orgánicas se puede verificar que cumplen con los requisitos de la norma NTP 400.037.

Tabla N° 16: Durabilidad Al Sulfato De Magnesio

CANTERAS	TIPO DE AGREGADO		% PÉRDIDAS
CANTERA SAPALLANGA RÍO CHACLAS	AGREGADO FINO		3.376
	AGREGADO GRUESO	BAJA INTEMPERIZACIÓN	2.053
		MEDIA INTEMPERIZACIÓN	2.59
		ALTA INTEMPERIZACIÓN	5.833
CANTERA PILCOMAYO	AGREGADO FINO		1.29
	AGREGADO GRUESO		1.905

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de durabilidad al sulfato de magnesio en el agregado grueso registran pérdidas menores a 18%, y en el agregado fino registran pérdidas menores a 15% según las NTP 400.037.

Tabla N° 17: Cloruros En Agregados

CANTERAS	TIPO DE AGREGADO		PPM
CANTERA SAPALLANGA RÍO CHACLAS	AGREGADO FINO		72
	AGREGADO GRUESO	BAJA INTEMPERIZACIÓN	54
		MEDIA INTEMPERIZACIÓN	73.8
		ALTA INTEMPERIZACIÓN	90
CANTERA PILCOMAYO	AGREGADO FINO		72
	AGREGADO GRUESO		54

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del ensayo de cloruros son menores a los especificados en la norma NTP 400.042 de 0.03% máximo para concreto pretensado.

Tabla N° 18: Sales Solubles En Agregados

CANTERAS	TIPO DE AGREGADO		PPM
CANTERA SAPALLANGA RÍO CHACLAS	AGREGADO FINO		120
	AGREGADO GRUESO	BAJA INTEMPERIZACIÓN	132
		MEDIA INTEMPERIZACIÓN	144
		ALTA INTEMPERIZACIÓN	240
CANTERA PILCOMAYO	AGREGADO FINO		360
	AGREGADO GRUESO		120

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 19: Sulfatos en agregados

CANTERAS	TIPO DE AGREGADO		PPM
CANTERA SAPALLANGA RÍO CHACLAS	AGREGADO FINO		348.41
	AGREGADO GRUESO	BAJA INTEMPERIZACIÓN	340.1
		MEDIA INTEMPERIZACIÓN	342.16
		ALTA INTEMPERIZACIÓN	370.25
CANTERA PILCOMAYO	AGREGADO FINO		456.84
	AGREGADO GRUESO		457.27

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del ensayo de sulfatos son menores a los especificados en la norma NTP 400.042 de 0.06% máximo.

Tabla N° 20: Diseño de Mezcla teórico por resistencia

Descripción de la cantera	Grado de intemperización	F'c Kg/cm2	F'cr Kg/cm2	R a/c	Cantidad de cemento pie3/m3	Cantidad de agua lt/m3	Agregado fino pie3/m3	Agregado grueso Pie3/m3
Rio Chaclas	Baja intemperización	210	295	0.56	8.45	167.33	20.41	18.85
	Media intemperización	210	295	0.56	8.45	169.74	20.28	20.92
	Alta intemperización	210	295	0.56	8.45	161.54	19.8	19.39
Cantera Pilcomayo	Sin intemperización	210	295	0.56	8.45	162.07	18.03	21.36

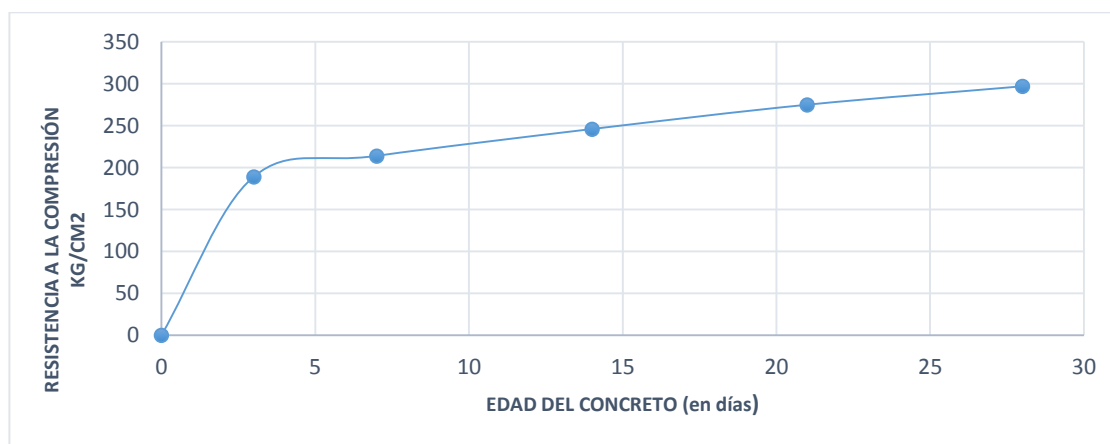
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 21: Diseño de Mezcla teórico por durabilidad

Descripción de la cantera	Grado de intemperización	F'c Kg/cm2	F'cr Kg/cm2	R a/c	Cantidad de cemento pie3/m3	Cantidad de agua lt/m3	Agregado fino pie3/m3	Agregado grueso Pie3/m3
Rio Chaclas	Baja intemperización	210	295	0.45	10.46	170.25	18.11	19.91
	Media intemperización	210	295	0.45	10.46	172.8	17.98	22.10
	Alta intemperización	210	295	0.45	10.46	164.13	17.47	20.48
Cantera Pilcomayo	Sin intemperización	210	295	0.45	10.46	166.03	16.03	21.88

Fuente: Elaboración propia

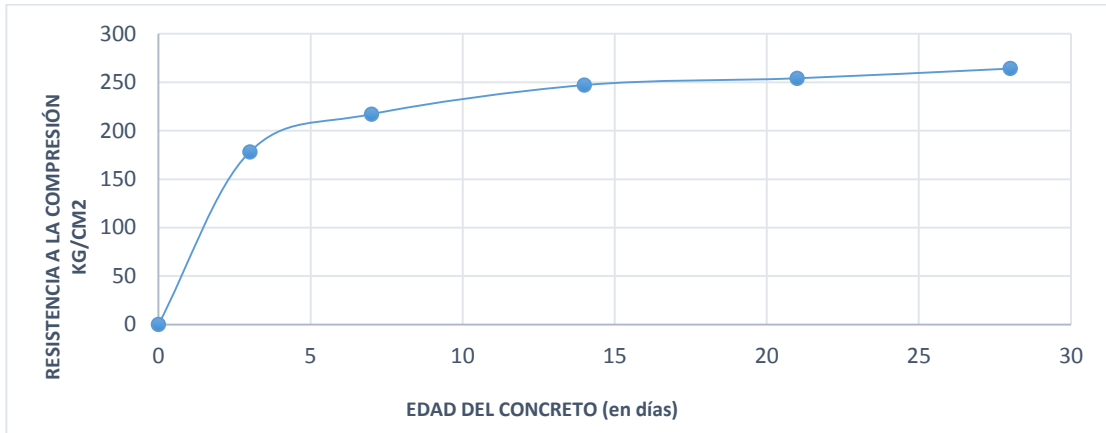
Figura N° 31: Diseño de mezcla por resistencia / Resistencia a la compresión kg/cm2 a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días agregado Pilcomayo



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que el concreto supera la resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm2 a los 28 días, con el agregado de la cantera Pilcomayo – no morrénica.

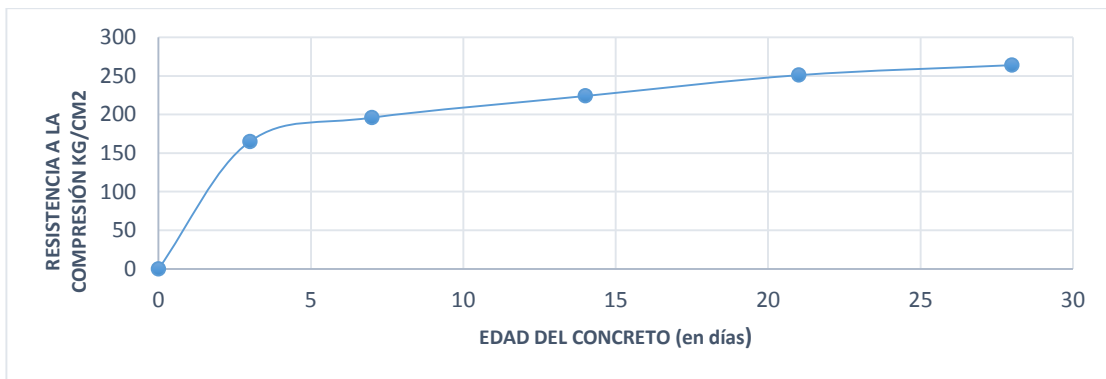
Figura N° 32: Diseño de mezcla por resistencia / Resistencia a la compresión kg/cm² a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días agregado morrénico de baja intemperización



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que el concreto supera la resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm² a los 28 días, con el agregado morrénico de baja intemperización de la cantera Sapallanga – Río Chaclas.

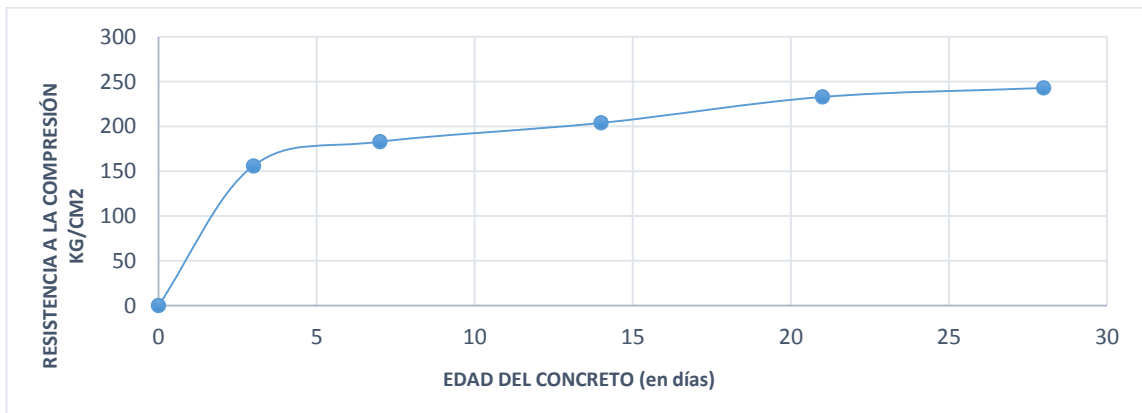
Figura N° 33: Diseño de mezcla por resistencia / Resistencia a la compresión kg/cm² a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días agregado morrénico media intemperización



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que el concreto supera la resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm² a los 28 días, con el agregado morrénico de media intemperización de la cantera Sapallanga – Río Chaclas.

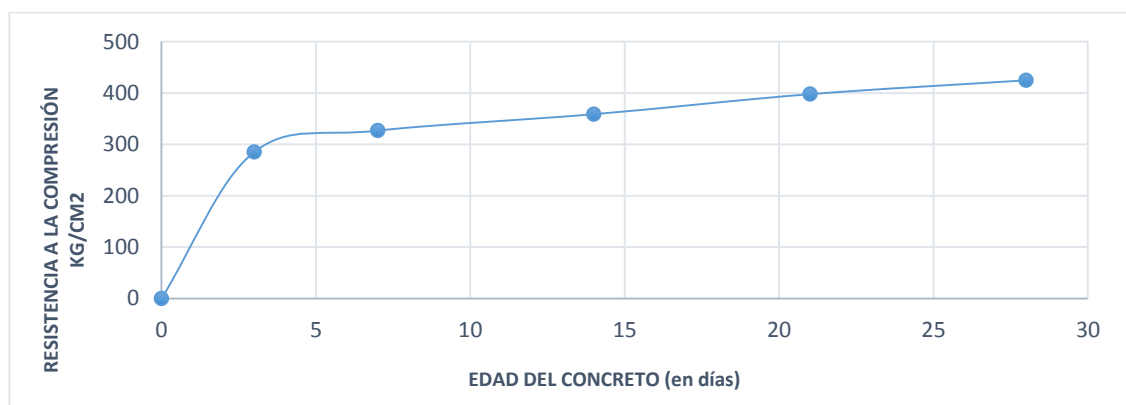
Figura N° 34: Diseño de mezcla por resistencia / Resistencia a la compresión kg/cm² a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días agregado morrénico alta intemperización



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que el concreto supera la resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm² a los 28 días, con el agregado morrénico de alta intemperización de la cantera Sapallanga – Río Chaclas.

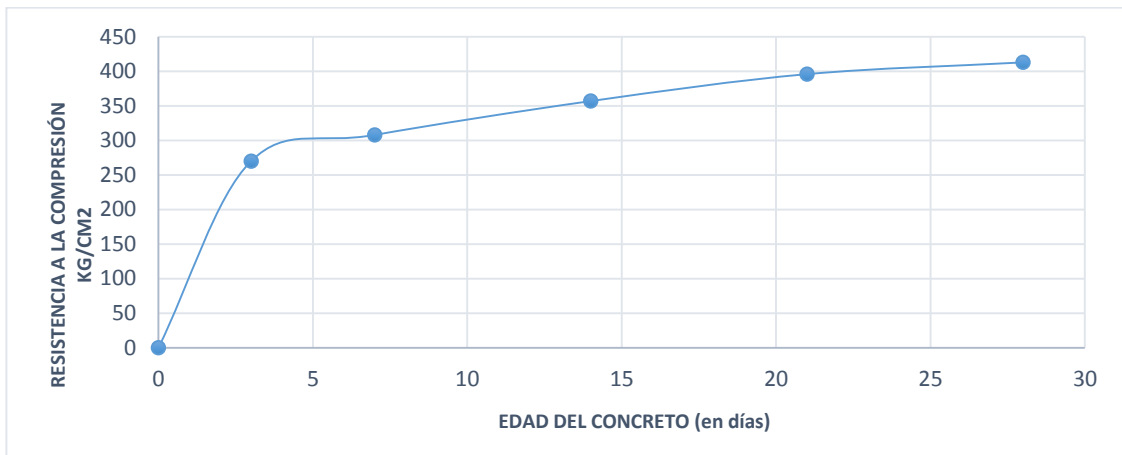
Figura N° 35: Diseño de mezcla por durabilidad / Resistencia a la compresión kg/cm² a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días Cantera Pilcomayo



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que el concreto en el diseño por durabilidad con una relación $a/c = 0.45$, supera la resistencia de $f'c=400$ kg/cm², a los 28 días, con el agregado de la cantera Pilcomayo – no morrénica.

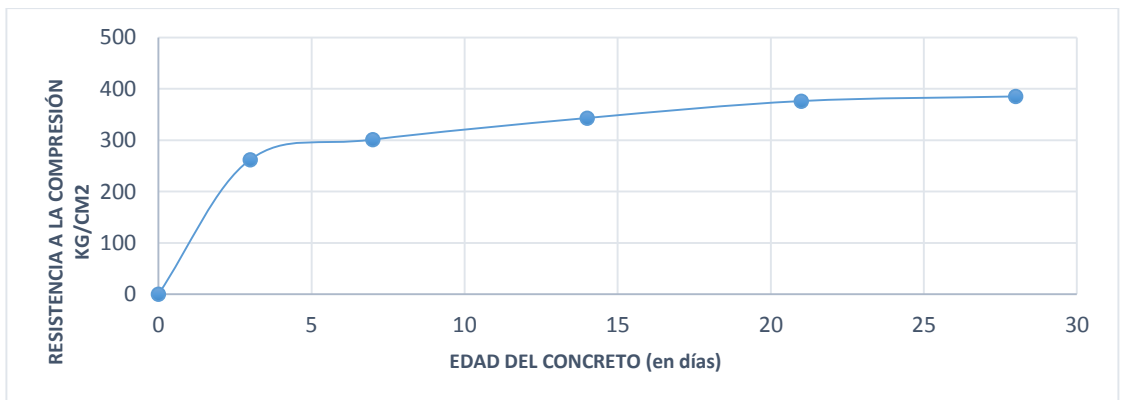
Figura N° 36: Diseño de mezcla por durabilidad / Resistencia a la compresión kg/cm² a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días agregado morrénico de baja intemperización



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que el concreto diseño por durabilidad con una relación a/c = 0.45, supera la resistencia de $f'c=400$ kg/cm², a los 28 días, con el agregado morrénico de baja intemperización de la cantera Sapallanga – Río Chaclas.

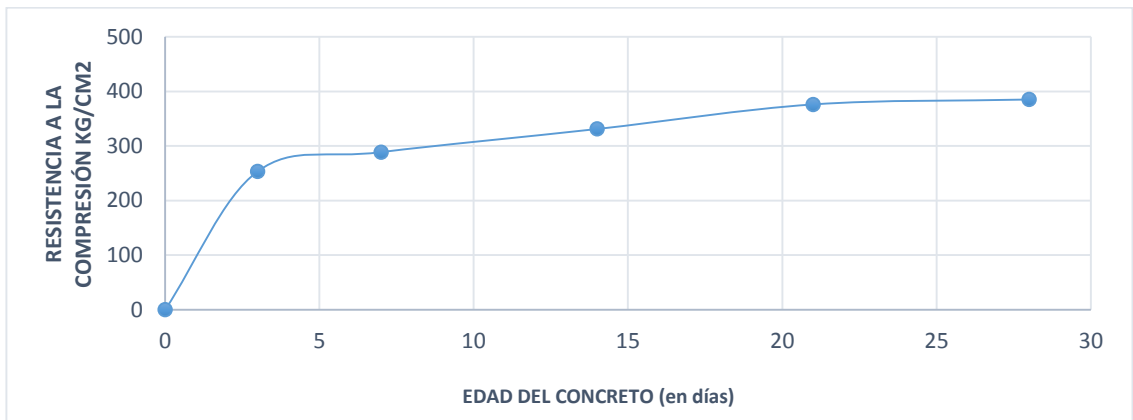
Figura N° 37: Diseño de mezcla por durabilidad / Resistencia a la compresión kg/cm² a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días agregado morrénico de media intemperización



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que el concreto diseño por durabilidad con una relación a/c = 0.45, supera la resistencia de $f'c=400$ kg/cm², a los 28 días, con el agregado morrénico de media intemperización de la cantera Sapallanga – Río Chaclas.

Figura N° 38: Diseño de mezcla por durabilidad / Resistencia a la compresión kg/cm² a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días agregado morrénico de alta intemperización



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que el concreto diseño por durabilidad con una relación a/c = 0.45, supera la resistencia de $f_c=350$ kg/cm², a los 28 días, con el agregado morrénico de media intemperización de la cantera Sapallanga – Río Chaclas.

Tabla N° 22: Diseño de mezcla por durabilidad / Resistencia a la compresión kg/cm² a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días agregado morrénico de alta intemperización

	NIVEL DE INTEMPERIZACIÓN	3DIAS			7 DIAS			14 DIAS			21 DIAS			28 DIAS		
DISEÑO POR DURABILIDAD RELACION A/C = 0.45, CANTERA SAPALLANGA -RIO CHACLAS	BAJA INTEMPERIZACIÓN	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.
	MEDIA INTEMPERIZACIÓN	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.
	ALTA INTEMPERIZACIÓN	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.
DISEÑO POR RESISTENCIA $f_c = 210$ KG/CM ² , CANTERA SAPALLANGA -RIO CHACLAS	BAJA INTEMPERIZACIÓN	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.
	MEDIA INTEMPERIZACIÓN	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.
	ALTA INTEMPERIZACIÓN	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.
CANTERA PILCOMAYO	DISEÑO DE MEZCLA POR RESISTENCIA $f_c = 210$ KG/CM ²	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.
	DISEÑO DE MEZCLA POR DURABILIDAD A/C=0.45	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.	N.P.C.

Se puede apreciar de acuerdo con el ensayo de carbonatación del concreto que no presenta carbonatación el concreto hasta la edad de 28 días, tanto en el agregado morrénico como en el agregado de la cantera Pilcomayo.

Tabla N° 23: Diseño de mezcla por durabilidad / Resistencia a la compresión kg/cm² a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días agregado morrénico de alta intemperización

		1 DIA	3DIAS			7 DIAS			14 DIAS			21 DIAS			28 DIAS		
DISEÑO POR DURABILIDAD RELACION A/C=0.45, CANTERA SAPALLANGA - RIO CHACLAS	BAJA INTEMPERIZACIÓN	12.91	12.90	12.89	12.90	12.90	12.89	12.90	12.89	12.90	12.89	12.90	12.89	12.90	12.89	12.89	
	MEDIA INTEMPERIZACIÓN	12.92	12.92	12.91	12.92	12.92	12.91	12.91	12.92	12.90	12.91	12.92	12.90	12.90	12.92	12.89	12.90
	ALTA INTEMPERIZACIÓN	12.94	12.93	12.94	12.94	12.93	12.94	12.94	12.93	12.93	12.93	12.93	12.93	12.92	12.93	12.93	12.92
DISEÑO POR RESISTENCIA F' C = 210 KG/CM2, CANTERA SAPALLANGA - RIO CHACLAS	BAJA INTEMPERIZACIÓN	12.90	12.90	12.89	12.90	12.89	12.90	12.90	12.89	12.90	12.89	12.89	12.90	12.90	12.89	12.90	12.89
	MEDIA INTEMPERIZACIÓN	12.92	12.91	12.91	12.92	12.90	12.91	12.91	12.89	12.90	12.91	12.89	12.90	12.91	12.89	12.89	12.91
	ALTA INTEMPERIZACIÓN	12.92	12.92	12.92	12.91	12.91	12.91	12.91	12.89	12.90	12.90	12.89	12.90	12.90	12.90	12.88	12.89
PILCOMAYO	DURABILIDAD	12.98	12.98	12.97	12.98	12.98	12.97	12.97	12.98	12.97	12.97	12.97	12.97	12.96	12.97	12.96	12.96
	FC=210	12.97	12.97	12.97	12.95	12.97	12.97	12.95	12.95	12.97	12.96	12.95	12.95	12.96	12.95	12.96	12.96

En el ensayo de PH del concreto se puede apreciar que los agregados morrénicos (cantera Sapallanga - río Chaclas) alcanzan valores entre 12.94 y 12.89 que son acordes a un concreto nuevo y de buenas características, el PH del concreto en la cantera Pilcomayo, se puede apreciar que se tienen resultados entre 12.98 y 12.95 que son acordes a un concreto nuevo y de buenas características.

6.1.2. Resultados del Cuestionario realizado a especialistas en geotecnia.

Tabla N° 24: ¿Cuál será el tamaño máximo del agregado morrénico de la cantera de Sapallanga – río Chaclas?

		FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VÁLIDOS	HASTA 3"	1	25,0	25,0	25,0
	DE 3" a 5"	1	25,0	25,0	50,0
	MAYORES A 5"	2	50,0	50,0	100,0
	TOTAL	4	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N° 27 el 25 % de los especialistas consideran que el tamaño máximo del agregado morrénico de Sapallanga será menor a 3", el 25 de los especialistas consideran que el tamaño máximo del agregado morrénico es de 3" a 5" y el 50% de los especialistas consideran que las canteras de agregado morrénico tendrán tamaños mayores a 5".

Tabla N° 25: ¿Cuál será la forma predominante del agregado morrénico de la cantera Sapallanga – río Chaclas?

		FRECUEN- CIA	PORCEN- TAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VÁLIDOS	REDONDEADAS	1	25,0	25,0	25,0
	SUB REDONDEADAS	1	25,0	25,0	50,0
	ANGULOSAS	0	0,0	0,0	50,0
	SUBANGULOSAS	1	25,0	25,0	75,0
	MIXTO	1	25,0	25,0	100,0
	TOTAL	4	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N° 28 el 25% de los especialistas considera que el agregado morrénico tiene forma redondeada predominantemente, otro 25 % de los especialistas considera que tiene del agregado morrénico tienen forma subredondeada predominantemente, el otro 25% de los especialistas considera que el agregado morrénico tiene forma subangulosa, y el ultimo 25 de los especialistas considera que el agregado morrénico tiene diversas formas, ningún especialista consideró que el agregado morrénico tenía forma angulosa.

Tabla N° 26: ¿Cuál será el nivel de intemperización del agregado morrénico de Sapallanga – río Chaclas?

		FRECUEN- CIA	PORCEN- TAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VÁLIDOS	BAJA INTEMPERIZACIÓN	0	0,0	0,0	0,0
	MEDIA INTEMPERIZACIÓN	1	25,0	25,0	25,0
	ALTA INTEMPERIZACIÓN	2	50,0	50,0	75,0
	MIXTO	1	25,0	25,0	100,0
	Total	4	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N° 29 ningún especialista considera que el agregado morrénico de Sapallanga presenta baja intemperización, el 25% de los especialistas considera que los

agregados morrénicos de Sapallanga presentan media intemperización, el 50 % de los especialistas consideran que el agregado morrénico de Sapallanga presenta alta intemperización y el 25% restante considera que el agregado morrénico presenta intemperización mixta.

Tabla N° 27: ¿Los agregados morrénicos no cumplen con el ensayo de abrasión para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?

		FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VÁLIDOS	SI	1	25,0	25,0	25,0
	NO	3	75,0	75,0	100,0
	TOTAL	4	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N° 30 el 75% de los especialistas consideran que los agregados morrénicos no cumplen con el ensayo de abrasión para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ mientras un 25% consideran que los agregados morrénicos si cumplen con el ensayo de abrasión para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla N° 28: ¿Las características de los agregados morrénicos cumplen con la norma E060?

		FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VÁLIDOS	MENOS DE 3 ENSAYOS	1	25,0	25,0	25,0
	DE 4 A 5 ENSAYOS	1	25,0	25,0	50,0
	DE 6 A 7 ENSAYOS	2	50,0	50,0	100,0
	TOTAL	4	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N° 31 el 50% de los especialistas consideran que las características de los agregados morrénicos cumplen con la norma E060 de 6 a 7 ensayos, mientras un 25% consideran que las características de los agregados morrénicos cumplen con la norma E060 de 4 a 5 ensayos.

Tabla N° 29: ¿Qué ensayo cumplen todas las muestras?

		FRECUEN- CIA	PORCEN- TAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VÁLIDOS	DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO	1	25,0	25,0	25,0
	GRANULOMETRÍA	1	25,0	25,0	50,0
	OTRO – ESPECIFICAR	2	50,0	50,0	100,0
	TOTAL	4	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N° 32 el 50% de los especialistas consideran otros son los ensayos que cumplen todas las muestras, mientras un 25% consideran que el ensayo de granulometría cumple todas las muestras.

Tabla N° 30: ¿Qué problemas se presentan en agregados morrénicos con intemperización leve en la resistencia a la compresión del concreto?

		FRECUEN- CIA	PORCEN- TAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VÁLIDOS	DESARROLLAN MENOS DEL 80% DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO.	1	25,0	25,0	25,0
	DESARROLLAN DEL 80% A MENOS 100% DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO	1	25,0	25,0	50,0
	DESARROLLAN AL 100% O MÁS DE SU RESISTENCIA DE DISEÑO.	2	50,0	50,0	100,0
	TOTAL	4	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N° 33 el 50% de los especialistas consideran se presentan problemas en agregados morrénicos con intemperización leve en la resistencia a la compresión del concreto quienes desarrollan al 100% o más de sus resistencias de diseño, mientras un 25% consideran se presentan problemas en agregados morrénicos con intemperización leve en la resistencia a la compresión del concreto quienes desarrollan al 80% a menos de 100% de la resistencia de diseño.

Tabla N° 31: ¿Qué problemas se presentan en agregados morrénicos con intemperización media en la resistencia a la compresión del concreto?

		FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VÁLIDOS	DESARROLLAN MENOS DEL 70% DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO	1	25,0	25,0	25,0
	DESARROLLAN DEL 70% A MENOS 100% DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO	1	25,0	25,0	50,0
	DESARROLLAN AL 100% O MÁS DE SU RESISTENCIA DE DISEÑO	2	50,0	50,0	100,0
	TOTAL	4	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N° 34 el 50% de los especialistas consideran se presentan problemas en agregados morrénicos con intemperización media en la resistencia a la compresión del concreto quienes desarrollan al 100% o más de sus resistencias de diseño, mientras un 25% consideran se presentan problemas en agregados morrénicos con intemperización media en la resistencia a la compresión del concreto quienes desarrollan al 80% a menos de 100% de la resistencia de diseño.

Tabla N° 32: ¿Qué problemas se presentan en agregados morrénicos con intemperización alta en la resistencia a la compresión del concreto?

		FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VÁLIDOS	DESARROLLAN AL 100% O MÁS DE SU RESISTENCIA DE DISEÑO	1	25,0	25,0	25,0
	DESARROLLAN DEL 60% A MENOS 100% DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO	1	25,0	25,0	50,0
	DESARROLLAN MENOS DEL 60% DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO	2	50,0	50,0	100,0
	TOTAL	4	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N° 35 el 50% de los especialistas consideran se presentan problemas en agregados morrénicos con intemperización alta en la resistencia a la compresión del concreto quienes desarrollan al 100% o más de sus resistencias de diseño, mientras un 25% consideran se presentan problemas en agregados morrénicos con intemperización alta en la resistencia a la compresión del concreto quienes desarrollan al 80% a menos de 100% de la resistencia de diseño.

Tabla N° 33: ¿Qué problemas presentan los agregados morrénicos con intemperización leve en la resistencia a la compresión del concreto en el diseño por durabilidad?

		FRECUEN- CIA	PORCEN- TAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VÁLIDOS	DESARROLLAN DEL 80% A MENOS 100% DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO	2	50,0	50,0	50,0
	DESARROLLAN AL 100% O MÁS DE SU RESISTENCIA DE DISEÑO.	2	50,0	50,0	100,0
	TOTAL	4	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N° 36 el 50% de los especialistas consideran se presentan problemas en agregados morrénicos con intemperización leve en la resistencia a la compresión del concreto en el diseño por durabilidad quienes desarrollan al 100% o más de sus resistencia de diseño, así mismo el 50% consideran se presentan problemas en agregados morrénicos con intemperización leve en la resistencia a la compresión del concreto en el diseño por durabilidad quienes desarrollan al 100% o más de sus resistencia de diseño.

Tabla N° 34: ¿Qué problemas presentan los agregados morrénicos con intemperización media en la resistencia a la compresión del concreto en el diseño por durabilidad?

		FRECUEN- CIA	PORCEN- TAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VÁLIDOS	DESARROLLAN MENOS DEL 70% DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO	2	50,0	50,0	50,0
	DESARROLLAN AL 100% O MÁS DE SU RESISTENCIA DE DISEÑO	2	50,0	50,0	100,0
	TOTAL	4	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla el 50% de los especialistas consideran se presentan problemas en agregados morrénicos con intemperización media en la resistencia a la compresión del concreto en el diseño por durabilidad quienes desarrollan al 100% o más de sus resistencia de diseño, así mismo el 50% consideran se presentan problemas en agregados morrénicos con intemperización media en la resistencia a la compresión del concreto en el diseño por durabilidad quienes desarrollan al 100% o más de sus resistencia de diseño.

Tabla N° 35: ¿Qué problemas presentan los agregados morrénicos con intemperización alta en la resistencia a la compresión del concreto en el diseño por durabilidad?

		FRECUEN- CIA	PORCEN- TAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VÁLIDOS	DESARROLLAN DEL 60% A MENOS 100% DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO	2	50,0	50,0	50,0
	DESARROLLAN AL 100% O MÁS DE SU RESISTENCIA DE DISEÑO.	2	50,0	50,0	100,0
	TOTAL	4	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla el 50% de los especialistas consideran se presentan problemas en agregados morrénicos con intemperización alta en la resistencia a la compresión del concreto en el diseño por durabilidad quienes desarrollan al 100% o más de sus resistencia de diseño, así mismo el 50% consideran se presentan problemas en agregados morrénicos con intemperización alta en la resistencia a la compresión del concreto en el diseño por durabilidad quienes desarrollan al 100% o más de sus resistencia de diseño.

6.1.3 Pruebas de Hipótesis

6.1.3.1. Hipótesis General:

Los agregados morrénicos de cantera influyen significativamente en la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto en una obra civil.

AGREGADO MORRÉNICO * RESISTENCIA

Tabla N° 36: Resistencia a la compresión del concreto con agregado morrénico

			RESISTENCIA			TOTAL
			BAJO	MEDIO	ALTO	
AGREGADO MORRENICO	ALTO	RECUESTO	1	0	0	1
		FRECUENCIA ESPERADA	0,3	0,3	0,5	1,0
	BAJO	RECUESTO	0	1	2	3
		FRECUENCIA ESPERADA	0,8	0,8	1,5	3,0
TOTAL		RECUESTO	1	1	2	4
		FRECUENCIA ESPERADA	1,0	1,0	2,0	4,0

MEDIDAS SIMÉTRICAS

		VALOR	ERROR TÍP. ASINT. ^A	T APROXIMADA ^B	SIG. APROXIMADA
INTERVALO POR INTERVALO	R DE PEARSON	0,470	0,120	2,500	0,130 ^C
ORDINAL POR ORDINAL	CORRELACIÓN DE SPEARMAN	0,416	0,204	2,000	0,184 ^C
N DE CASOS VÁLIDOS		4			

A. ASUMIENDO LA HIPÓTESIS ALTERNATIVA.

B. EMPLEANDO EL ERROR TÍPICO ASINTÓTICO BASADO EN LA HIPÓTESIS NULA.

C. BASADA EN LA APROXIMACIÓN NORMAL.

AGREGADO MORRENICO * DURABILIDAD

Tabla N° 37: Resistencia a la compresión del concreto por durabilidad del agregado morrénico

			DURABILIDAD		TOTAL
			ALTO	MEDIO	
AGREGADO MORRENICO	ALTO	RECuento	1	0	1
		FRECUENCIA ESPERADA	0,8	0,3	1,0
	BAJO	RECuento	2	1	3
		FRECUENCIA ESPERADA	2,3	0,8	3,0
TOTAL		RECuento	3	1	4
		FRECUENCIA ESPERADA	3,0	1,0	4,0

MEDIDAS SIMÉTRICAS

		VALOR	ERRO R TÍP. ASINT. A	T APROXIM ADA ^B	SIG. APROXIMA DA
INTERVALO POR INTERVALO	R DE PEARSON	0,333	0,222	0,500	0,667 ^C
ORDINAL POR ORDINAL	CORRELACIÓN DE SPEARMAN	0,333	0,222	0,500	0,667 ^C
N DE CASOS VÁLIDOS		4			

A. ASUMIENDO LA HIPÓTESIS ALTERNATIVA.

B. EMPLEANDO EL ERROR TÍPICO ASINTÓTICO BASADO EN LA HIPÓTESIS NULA.

C. BASADA EN LA APROXIMACIÓN NORMAL.

Paso 1: Conclusión

Con un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confianza del 95% se concluye que: Los agregados morrénicos de cantera no afectan significativamente en la resistencia a la compresión del concreto en una obra civil. ($r=0,333$). Así mismo un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confianza del 95% se concluye que: Los agregados morrénicos de cantera con un ($r=0,333$) no afectan significativamente en la durabilidad del concreto.

b. Específicas:

• **Hipótesis específica 01**

Los agregados morrénicos de cantera afectan significativamente en la resistencia a la compresión del concreto en una obra civil.

Hipótesis nula

Los agregados morrénicos de cantera no afectan significativamente la resistencia a la compresión del concreto en una obra civil.

Hipótesis alterna

Los agregados morrénicos de cantera afectan significativamente la resistencia a la compresión del concreto en una obra civil.

Tabla N° 38: Resistencia Del Agregado Morrénico

			RESISTENCIA			TOTAL	
			BAJO	MEDIO	ALTO		
AGREGADO MORRENICO	ALTO	RECuento	1	0	0	1	
		FRECUENCIA ESPERADA	0,3	0,3	0,5	1,0	
	BAJO	RECuento	0	1	2	3	
		FRECUENCIA ESPERADA	0,8	0,8	1,5	3,0	
	TOTAL		RECuento	1	1	2	4
			FRECUENCIA ESPERADA	1,0	1,0	2,0	4,0

MEDIDAS SIMÉTRICAS

		VALOR	ERROR	T	SIG.
		R	TÍP. ASINT. ^A	APROXIMADA ^B	APROXIMADA
INTERVALO POR INTERVALO	R DE PEARSON	0,470	0,120	2,500	0,130 ^C
ORDINAL POR ORDINAL	CORRELACIÓN DE SPEARMAN	0,416	0,204	2,000	0,184 ^C

N DE CASOS VÁLIDOS	4			
--------------------	---	--	--	--

A. ASUMIENDO LA HIPÓTESIS ALTERNATIVA.

B. EMPLEANDO EL ERROR TÍPICO ASINTÓTICO BASADO EN LA HIPÓTESIS NULA.

C. BASADA EN LA APROXIMACIÓN NORMAL.

Paso 3: Conclusión

Con un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confianza del 95% se concluye que: Los agregados morrénicos de cantera no afectan significativamente en la resistencia a la compresión del concreto en una obra civil. ($r=0,470$) de manera significativa.

- **Hipótesis específica 02**

Los agregados morrénicos de cantera influyen significativamente en la durabilidad del concreto.

Hipótesis nula

Los agregados morrénicos de cantera no afectan en la durabilidad del concreto.

Hipótesis alterna

Los agregados morrénicos de cantera afectan en la durabilidad del concreto.

Tabla N° 39: De Resistencia Por Durabilidad Del Agregado Morrénico

			DURABILIDAD		TOTAL
			ALTO	MEDIO	
AGREGADO MORRENICO	ALTO	RECuento	1	0	1
		FRECUENCIA ESPERADA	0,8	0,3	1,0
	BAJO	RECuento	2	1	3
		FRECUENCIA ESPERADA	2,3	0,8	3,0
TOTAL	RECuento		3	1	4
	FRECUENCIA ESPERADA		3,0	1,0	4,0

MEDIDAS SIMÉTRICAS

		VALOR	ERROR TÍP.	T	SIG.
		R	ASINT. ^A	APROXIMADA ^B	APROXIMADA
INTERVALO POR INTERVALO	R DE PEARSON	0,333	0,222	0,500	0,667 ^C
ORDINAL POR ORDINAL	CORRELACIÓN DE SPEARMAN	0,333	0,222	0,500	0,667 ^C
N DE CASOS VÁLIDOS		4			

A. ASUMIENDO LA HIPÓTESIS ALTERNATIVA.

B. EMPLEANDO EL ERROR TÍPICO ASINTÓTICO BASADO EN LA HIPÓTESIS NULA.

C. BASADA EN LA APROXIMACIÓN NORMAL.

Paso 3: Conclusión

Con un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confianza del 95% se concluye que: Los agregados morrénicos de cantera con un ($r=0,333$) no afectan significativamente en la durabilidad del concreto.

6.1.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la ciudad de Huancayo se realizan constantemente obras de concreto y se usan los diferentes agregados de la zona que pueden ser coluviales, fluviales, morrénicos, entre otros.

Las canteras que tenemos presentan agregados morrénicos en diferentes grados de meteorización, algunos levemente meteorizados, otros medianamente meteorizados y otros altamente meteorizados, se cumple con realizar un diseño de mezcla teórico en el que solo se realizan ensayos tales como: granulometría, pesos específicos de los agregados, peso unitario suelto, peso unitario compactado, absorción, con estos resultados se procede a realizar el diseño de mezcla teórico en donde nos dan resultados de dosificación de los agregados, agua y cemento. Sin embargo, el diseño práctico para la verificación de estos resultados prácticamente no se realiza. El problema se ve reflejado cuando se realizan los ensayos de compresión de las

probetas es ahí donde muchas veces no se llegan a la resistencia de diseño teniendo para ello muchas causas que pueden ser: agregado no competente, dosificación en obra distinta a la de diseño, mala preparación de las probetas, etc.

La unidad de análisis de la investigación son las muestras de agregados morrénicos de la Provincia de Huancayo, se seleccionaron las 3 muestras de acuerdo con su proceso de intemperización, a fin de determinar de qué manera afecta la intemperización en la resistencia y durabilidad del concreto.

En relación con el objetivo general: Determinar la influencia de los agregados morrénicos de cantera en la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto en Sapallanga, Provincia de Huancayo – Región Junín – 2018. Según los resultados de acuerdo con los ensayos de calidad de los agregados podemos determinar que cumplen con la NTP 400.037:2003 en: Durabilidad al sulfato de magnesio en el agregado grueso: registran pérdidas menores a 18%.; Durabilidad al sulfato de magnesio en el agregado fino: registran pérdidas menores a 15%.

En comparación con el estudio de Estrada, C., Páez R, (2014) en su trabajo de investigación titulado “Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del concreto en cilindros de concreto de 15 cm x 30 cm” – de la facultad de ingeniería de la Universidad Veracruzana – 2014 indica que la Resistencia del agregado grueso en mayor medida que el fino, va a resultar relacionado con el comportamiento de las resistencias del concreto, por su aporte en tamaños de grano dentro de la masa de la mezcla. En tal sentido, una de las posibilidades de ruptura de la masa es por medio del agregado grueso (las otras son por la pasta y por la interface de contacto entre pasta y agregado. De esta manera, la resistencia de los agregados cobra importancia y se debe buscar que éste nunca falle antes que la pasta de cemento endurezca. La falla a través del agregado grueso se produce bien sea porque tiene una estructura pobre entre los granos que constituyen las partículas o porque previamente se les han inducido fallas a sus partículas durante el proceso de explotación, o por un inadecuado proceso de trituración. El diseño de mezclas de concreto es un

proceso que consiste en la selección de ingredientes disponibles (cemento, agregados, agua y aditivos) y la determinación de sus cantidades relativas para producir concreto con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiere las propiedades de resistencia, durabilidad, peso unitario, estabilidad de volumen y apariencia. En comparación con nuestro estudio existen diferencias significativas.

En relación con el objetivo específico 02: Verificar si los agregados morrénicos extraídos de cantera afecta en la resistencia a la compresión del concreto en Sapallanga, Provincia de Huancayo – Región Junín – 2018. Según los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de las probetas de concreto, se ha verificado que el diseño por resistencia de los agregados morrénicos (a diferentes grados de intemperización), alcanzan resistencias superiores al 100% a los 28 días para un diseño de mezcla por resistencia de 210 kg/cm².

En comparación con el estudio de Pérez, J. y colaborador. (1985), en su trabajo de investigación titulado: “Comportamiento de los áridos en la mezcla de concreto” realizada por del comportamiento del agregado fino y grueso con diferentes módulos de finura y grupos granulométricos, Cajamarca; para lo cual se tomó una cantera ubicada en el río Mashcón (Kilómetro 3 de la carretera Cajamarca – Bambamarca); donde se determinó que los agregados cumplían con los límites permisibles de MMF según las normas, con un agregado fino con un 2.93 % MMF y un agregado grueso con un 0.94% de MMF. Valores, muy similares a los obtenidos en el presente trabajo de investigación.

En relación con el objetivo específico 03 Analizar si los agregados morrénicos extraídos de cantera afectan la durabilidad del concreto en Sapallanga, Provincia de Huancayo – Región Junín – 2018. Según los resultados de los ensayos de calidad de los agregados podemos determinar que cumplen con la NTP 400.037:2003 en: Durabilidad al sulfato de magnesio en el agregado grueso: registran pérdidas

menores a 18%.; Durabilidad al sulfato de magnesio en el agregado fino: registran pérdidas menores a 15%.

En comparación con el estudio de Linares, J. y colaborador (1984), en la tesis titulada: “Elaboración de especímenes de concreto utilizando mezcladora con variación en el tiempo de mezclado y en la relación agua/cemento” realizaron estudios de las propiedades de los agregados, tomando otra cantera del río Mashcón (a 50 metros del puente Cajamarca – Santa Barbará), donde determinaron que los agregados, también, cumplían con los límites permisibles de MMF según las normas, con un agregado fino con un 1.62 % de MMF y un agregado grueso con un 0.33 % de MMF; observándose que en este caso se obtuvo menores valores de MMF. En comparación con nuestro estudio existen similitudes, pero también diferencias significativas.

CONCLUSIONES

Se llegó a las siguientes conclusiones:

- ✓ Los agregados morrénicos encontrados en la cantera Sapallanga – río Chacras son redondeados, subredondeados e incluso subangulares y angulares, presentando diferentes grados de meteorización leve, medio y alto, estos agregados cumplen con los ensayos de calidad de los agregados Norma NTP 400.037:2003.
- ✓ Se verificó que los agregados morrénicos extraídos de cantera no afectan en la resistencia a la compresión del concreto en Sapallanga, Provincia de Huancayo – Región Junín. Según los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto, se ha verificado que el diseño por resistencia de los agregados morrénicos (a diferentes grados de intemperización), alcanzan resistencias superiores al 100% a los 28 días para un diseño de mezcla por resistencia de 210 kg/cm². Además, en un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confianza del 95% se concluye que: Los agregados morrénicos de cantera no afectan significativamente en la resistencia a la compresión del concreto en una obra civil. ($r=0,470$) de manera significativa.
- ✓ Se analizó que los agregados morrénicos extraídos de cantera no afectan en el diseño por durabilidad del concreto en Sapallanga, Provincia de Huancayo – Región Junín. Además, en un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confianza del 95% se concluye que: Los agregados morrénicos de cantera con un ($r=0,333$) no afectan significativamente en el diseño por durabilidad del concreto.
- ✓ Habiéndose realizado los ensayos de calidad de los agregados morrénicos (pertenecientes a la tercera glaciación) de la cantera de Sapallanga y los ensayos de compresión del concreto podemos verificar que estos pueden utilizarse en obras de ingeniería civil.

- ✓ Los resultados obtenidos son únicamente para la cantera morrénica de Sapallanga, por lo que el uso de otros agregados morrénicos de diferentes canteras a la de Sapallanga deberán ser analizados para su uso en la elaboración de concreto de acuerdo con la norma NTP 400.037.

- ✓ El ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio es requerido cuando existen condiciones ambientales de hielo y deshielo de acuerdo con la norma NTP 400.037.

- ✓ El ensayo de abrasión de los ángeles es requerido cuando el concreto será sometido a cargas repetitivas o tráfico, de acuerdo a la norma NTP 400.037.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar los ensayos de las propiedades y calidad de los agregados morrénicos para cada caso específico a fin de poder utilizarse en la fabricación de concreto.
- ✓ Se recomienda realizar el diseño de mezcla teórico y práctico para verificar que se alcance las resistencias de diseño.
- ✓ Se recomienda utilizar los agregados morrénicos en la fabricación de concreto cuando cumplan con las especificaciones de la norma NTP 400.037 y con las resistencias de diseño.
- ✓ Se recomienda analizar los agregados morrénicos de otras glaciaciones (primera y segunda glaciación), a fin de verificar si cumplen con las especificaciones de la norma NTP 400.037 y con las resistencias de diseño.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Acosta F., Macías J. (2006) “*Estudios Sobre Materiales Granulares de la Cantera del Rio del Oro Utilizados Como Bases Granulares Para Pavimentos Flexibles*” Tesis para Optar el Título Profesional Universidad Industrial de Santander.
2. Avilés, C., Galarza M., Riera Daniel, Santos Eduardo (S/A) “*Control de Calidad en obra del material usado en la Construcción de la estructura del pavimento flexible*” CASO PRÁCTICO: Rehabilitación de la Vía Cruz Verde – Crucita Guayaquil – Ecuador Escuela Superior Politécnica del Litoral.
3. Arnáez, J. (2004) “*Evaluación de Procesos de Erosión de Pistas Forestales No Pavimentadas de Áreas de Montaña (Sistema Ibérico Noroccidental)*” Tesis Doctoral Universidad de Zaragoza.
4. Benavente R., Baca C., Gómez A. (2004) “*Estudio del mapa de peligros de la ciudad del Cusco*” PNUD – INDECI.
5. Berrocal J., Deza E y Shikiya J. (1975), “*Estudio de Sismicidad para el Proyecto de Derivación del Río Mantaro a Lima*”, Informe del Instituto Geofísico del Perú a ELECTROPERU S.A.
6. Castillo J., Alva J. (1993) en su ponencia titulada “*Peligro Sísmico en el Perú*” Ponencia presentada en el VII Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones.
7. Estrada C., Páez R, (2014) en su trabajo de investigación titulado “*Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del concreto en cilindros de concreto de 15 cm x 30 cm*” Tesis para Optar el Título Profesional, Universidad Veracruzana.
8. Explora Geología, (2010) “*ESTUDIO SOBRE ÁRIDOS: Geología, Legislación, Medio Ambiente, Normativa, Explotación y Tratamiento*”
9. Fratelli, M. (1998) “*Edificios de Concreto Armado – Diseño Según Normas ACI 318, Covenin 1753-06 y Sismo-resistente 1756-01*”
10. González, W. (2012) “*Análisis y Clasificación Geotecnia de la Formación Guevara*” Tesis de la Maestría Instituto Superior Politécnico.

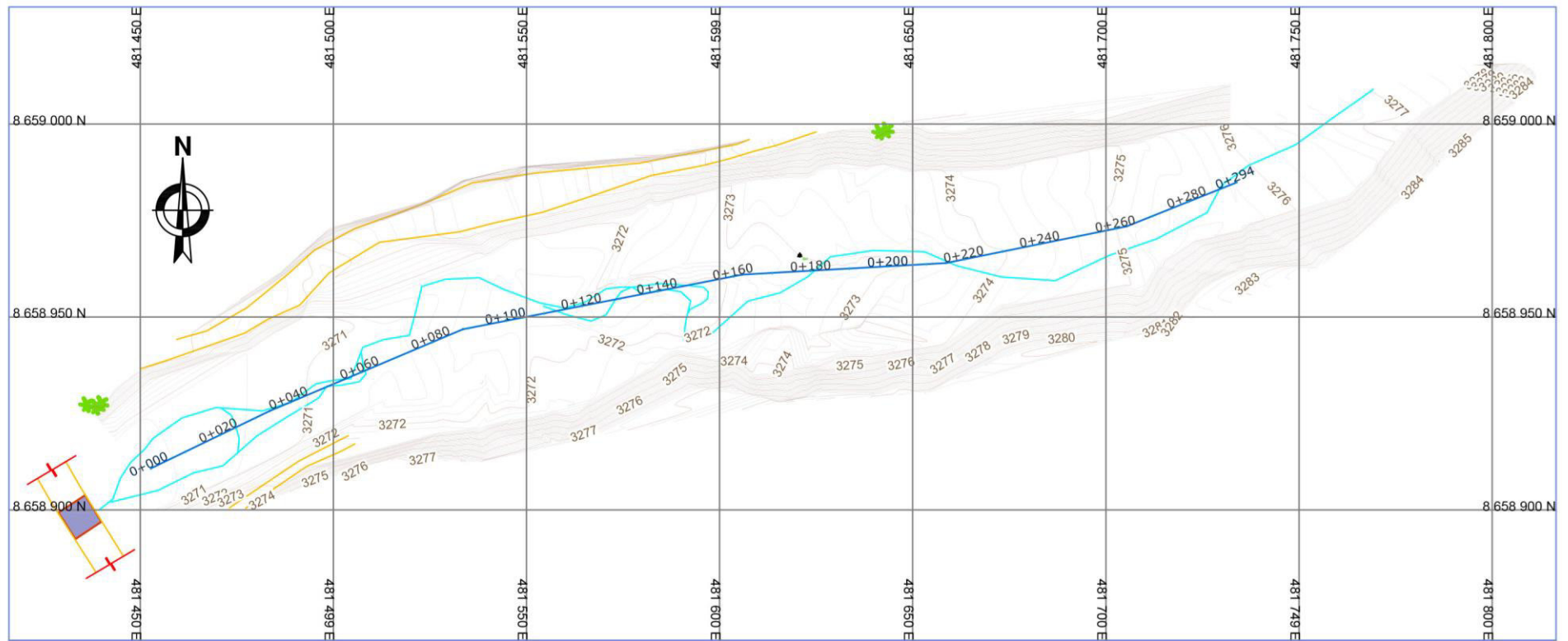
11. Hoyos, F. (2001) *“Geotecnia Diccionario Básico”* Universidad Nacional de Colombia.
12. Instituto Nacional de Recursos Naturales - Intendencia de Recursos Hídricos - Administración Técnica del distrito de riego Ramis, (2003) ed. Inventario de fuentes de agua subterránea en la cuenca del río Ramis – Puno.
13. Isacks B., Oliver J. y Sykes L. R., (1968), “Seismology and Global tectonics”, *Journal of Geophysical Research*, Vol 73, N° 18.
14. Jaramillo, L. (2009) *“Evaluación del jugo de fique como aditivo oclisor de aire y su influencia en la durabilidad y resistencia del concreto”* Tesis Magistral Universidad Nacional de Colombia.
15. Kelleher J. (1972). Rupture zones of large South American earthquakes and some predictions. *J. Geophys. Res.*, 77, 2087-2103. EEUU.
16. Kukal, Z. (1971) *“Geology of Recent Sediments”*. Geological Magazine.
17. Linares, J; Vásquez, G. (1984) *“Elaboración de especímenes de concreto utilizando mezcladora con variación en el tiempo de mezclado y en la relación agua/cemento”*, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca –Perú.
18. López, (2011) *“Influencia del porcentaje de adición de la micro sílice y del tipo de curado, en la penetración del ion cloruro en el concreto de alto desempeño”*, Tesis Magistral, Universidad Nacional de Colombia.
19. Martínez, A. (1978) *“Estudio de la Geología Regional de los Valles de Mantaro y Tarma”* Proyecto Especial Programa Nacional de Pequeñas y medianas irrigaciones Plan M.E.R.I.S.
20. Martínez, R. (2009) *“Calidad de dos bancos de agregados para concreto, en el departamento de Chiquimula”*, para obtener el título profesional de la facultad de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
21. Marocco R. (1980). *Geologie des Andes Peruviennes: un segment E-W de la chaîne des Andes Peruviennes, la deflexion d’Abancay. Etude geologique de la Cordillera Orientale et des Hauts Plateaux entre Cuzco et San Miguel. Sud d’Peru. Doc. ORSTOM.*

22. Mata A. Osmar A. (2010) *“Estudio Geotécnico de la Zona en Deslizamiento de la Cantera Cantil Sur de la Planta Pertigalete, km 6 Carretera Nacional Guantacumaná, Estado Anzoátegui.* Tesis para Optar el Título Profesional Universidad de Oriente Núcleo Bolívar.
23. Morrenas (2018) Ecured en línea recuperado de <https://www.ecured.cu/Morrenas>
24. Niño, R. (2010). *“Tecnología de concreto: materiales, propiedades y diseño de mezclas”*. Asociación Colombiana de Productores de Concreto–ASOCRETO. Bogotá, 227.
25. Ordenes, S. (2008) *“Inestabilidad Interna de Materiales de Origen Glaciar”* Tesis para Optar el Título Profesional Universidad de Chile.
26. Pérez, J; Castillo, S. (1985) *“Comportamiento de los áridos en la mezcla de concreto”*, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca –Perú.
27. Pfuyo, K. (2015) *“Adaptación del Método del Diseño de Mezclas ACI 211.1 Mediante Reajuste de Valores de Relación A/C Para Cemento Portland Puzolánico Tipo IP y Agregado de las Canteras de Vicho y Huambutío.”* Tesis para Optar el Título Profesional Universidad Andina del Cusco.
28. Quintana, E. (2005) *“Relación Entre las Propiedades Geotécnicas Y los Componentes Puzolánicos de los Sedimentos Pampeanos”* Tesis Doctoral Universidad Nacional de Córdoba.
29. Ramírez, L. (2012) *“Análisis de las Investigaciones en el Posgrado de Geotecnia en la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá”* Tesis Magistral Universidad Nacional de Colombia.
30. Rivva E. (2014) *“Concreto Diseño de mezclas”* 2da Edición, Instituto de la Construcción y Gerencia, Fondo Editorial ICG
31. Rivera, G. *“Concreto Simple”* Universidad del Cauca.
32. Sebrier M., J. Mercier, F. Megard & G. Labaucher (1985). Quaternary fault and reverse faulting and the state of stress in the central Andes of Peru. *Tectonics*, 4, 739-780.
33. Silgado e. (1978), *“Historia de los Sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974)”*, Instituto de Geología y Minería, boletín N° 3, Serie C, Geodinámica

e Ingeniería geológica, Lima Perú.

34. Tavera H. & E. Buforn (1998). Sismicidad y sismotectónica del Perú. En: A. Udías y E. Buforn (eds.). Sismicidad y sismotectónica de Centro y Sudamérica. Física de la Tierra UCM, N° 10, 187-219. México.
35. Tavera H. (2014). Evaluación del Peligro Asociado a los Sismos y Efectos Secundarios en Perú, Instituto Geofísico del Perú.
36. Tecnología del concreto (2015) en línea Recuperado de <http://tecnologia17118.blogspot.com/p/durabilidad-del-concreto-1.html>

ANEXOS



LOCALIZACIÓN
ESC. 1/600

TABLA DE DATOS TECNICOS						
PUNTO	DESCRIPCION	COTA	NORTE	ESTE	LONGITUD	LATITUD
1	BM	3273.000	8658965.94	481620.78	W075° 10' 08.10"	S012° 07' 51.24"

LEYENDA TOPOGRAFICA	
	Curvas de nivel primaria
	Curvas de nivel secundaria
	Vias
	rio
	BM
	Arbol
	Puente

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINERIA, METALURGICA Y GEOGRAFICA UNIDAD DE POSGRADO</p>			
<p>EVALUACIÓN DE LOS AGREGADOS MORRÉNICOS POR SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE DURABILIDAD DEL CONCRETO - PROVINCIA DE HUANCAYO - REGION JUNIN</p>			
DEPTO: JUNIN PROV: HUANCAYO DISTR: SAPALLANGA LOCAL: RIO CHACLAS	UBICACIÓN		L-01
EST. SUP: C.A.D EST. SUP: P.A.P ESC: 1/600	EST. SUP: P.A.P ESC: 1/600	FECHA: J.Y.A.A. FECHA: AGOSTO-2008	

PLANO DE UBICACION

