

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

Geotechnical assessment of the morrenic aggregate and its impact on the compressive strength and durability of concrete in Sapallanga - Huancayo - Junín Region

Janet Yéssica Andía Arias <sup>1</sup>

Recibido: Setiembre 2018 - Aprobado: Noviembre 2018

## 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 que se ha realizado permitió dividir los "agregados morrénicos" en tres grupos: de baja intemperización, de media intemperización y de alta intemperización. Habiéndose obtenido los resultados de las pruebas de laboratorio de los "agregados morrénicos" se puede apreciar que superan el 100% de la resistencia de diseño a los 28 días. 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.

## 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.

**Key words:** Morrenic aggregate; weathering; laboratory tests; Geotechnical assessment.

<sup>1</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Lima, Perú. E-mail: janetsitaand@gmail.com

## I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con (Chacón N., Jacay J., Moreno I., 2005) “Los cambios climáticos que implican el calentamiento global han traído como consecuencia, en las últimas décadas, una gran reducción de las masas glaciares en el planeta Tierra, que se manifiesta por el retroceso de los glaciares, en la cual se originan desprendimientos de grandes bloques de hielo, materiales morrénicos y de rocas, los cuales al llegar violentamente a las lagunas glaciares ocasionan grandes movimientos de masas”. La cantera Sapallanga ha sido evaluada geotécnicamente en donde se encuentran los materiales morrénicos de diferentes grados de intemperización.

El primer objetivo del presente trabajo de investigación es Verificar si los agregados morrénicos extraídos de cantera afecta en la “resistencia a la compresión” del concreto en Sapallanga, Provincia de Huancayo, el segundo objetivo es “analizar 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  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y se han roturado a diferentes edades del concreto y el tercer objetivo es caracterizar geotécnicamente el agregado morrénico, basándose en ensayos de laboratorio para “determinar las propiedades físicas de los agregados como el contenido de humedad, absorción, otros ensayos realizados fueron los ensayos de equivalente de arena, abrasión de los ángeles, impurezas orgánicas, granulometría, sales solubles, sulfatos y cloruros entre otros”. El diseño de mezcla teórico empleado fue por el “método de finura de la combinación de agregados, donde los contenidos de agregados grueso y finos varían para las diferentes resistencias, siendo esta variación función, principalmente de la relación agua/cemento y del contenido total de agua, expresados a través del contenido de cemento de la mezcla”. (Riva E. 2014).

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, los 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. Por lo que nuestra hipótesis es que las propiedades de los “agregados morrénicos” de cantera influyen negativamente en la “resistencia a la compresión” y durabilidad del concreto en Sapallanga, Provincia de Huancayo.

Los resultados de los “ensayos en laboratorio” analizados para los agregados nos permitió evaluarlos con la Norma Técnica Peruana NTP 400.037 – Requisitos de los agregados verificándose que cumplen con estos requisitos.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Los “agregados morrénicos” fueron muestreados en Sapallanga en el río Chaclas de la localidad de Huancayo

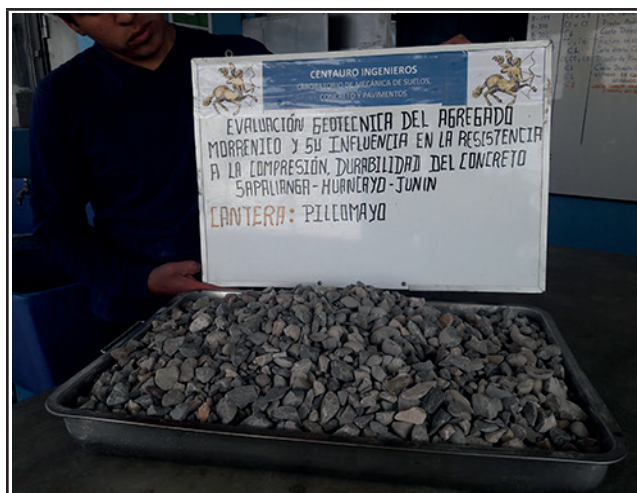
del departamento de Junín, durante los meses de enero y febrero del año 2018, el muestreo se realizó verificándose el grado de intemperización de los “agregados morrénicos” (baja, media y alta intemperización), esta clasificación se realizó de acuerdo a la experiencia y la presencia de óxidos (color) la cantidad muestreada fue de 300 kg de agregado grueso (por grado de intemperización) y 500 kg de agregado fino, el agregado grueso a su vez fue chancado y zarandeado por la malla 1” para su posterior uso en los ensayos y en la elaboración de probetas para su posterior rotura en total se elaboraron 120 probetas, los materiales fueron muestreados en la cantidad requerida para los ensayos de acuerdo lo solicitado por el laboratorio.

No aleatoria – Debido a los criterios, nuestra 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 (bajo, medio y alto), 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.

Las Variables que se consideró, son: Agregados morrénico de cantera, “resistencia a la compresión” del concreto, Durabilidad del concreto. Por lo tanto: El tipo de investigación es experimental, ya que 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. Asimismo, se realizaron ensayos de las características de los agregados de ambas canteras a fin de determinar si cumplían con los “estándares de calidad de los agregados para concreto”.

Se realizó el muestreo de las canteras y las pruebas de laboratorio y ensayos de rotura de probetas a la compresión a diferentes edades. El ensayo a la compresión de probetas fue realizado bajo la normativa ASTM C39/C39M – 12, utilizándose una prensa de concreto con una calibración no mayor a 1 año.

- 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, durabilidad al sulfato de magnesio, sulfatos, cloruros, alcalinidad, carbonatación, impurezas orgánicas, abrasión de los Ángeles, equivalente de arena, elaboración de probetas y su correspondiente rotura, de acuerdo con la Normativa. El diseño de mezcla que se realizó fue por resistencia y por durabilidad por el método de finura.
- Se elaboraron las probetas a fin de realizar la rotura de probeta y determinar su resistencia del concreto a diferentes edades y diferentes grados de intemperización del agregado.



**Figura 1.** Agregado cantera Pilcomayo



**Figura 2.** Agregado morrénico con Baja Intemperización - Sapallanga – Río Chaclas



**Figura 3.** Agregado morrénico con media Intemperización – Sapallanga – Río Chaclas



**Figura 4.** Agregado morrénico con alta Intemperización – Sapallanga – Río Chaclas

**Tabla 1.** Límites permisibles para sustancias deletéreas en el agregado fino

Ensayo	Porcentaje del total de la muestra (máx.)
Material más fino que la malla normalizada 75µm (Nº 200):	
Concreto sujeto a abrasión	3,0 <sup>A</sup>
Otros concretos	5,0 <sup>A</sup>
Impurezas orgánicas	El agregado fino que no demuestre presencia nociva de materia orgánica, cuando se determine conforme NTP 400.013, se deberá considerar satisfactorio. El agregado fino que no cumple con el ensayo anterior, podrá ser utilizado si al determinarse el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia de morteros (NTP 400.024) la resistencia relativa a los 7 días no es menor del 95%.
Perdida al sulfato de magnesio	15%

<sup>A</sup> En el caso de arena manufacturada los porcentajes de material más fino que la malla normalizada 75µm (Nº 200) pueden aumentarse a 5,0% y 7% respectivamente, siempre que estén libres de arcillas o limos. Para la caracterización de esos finos, existen diversos métodos disponibles, dentro de ellos el de equivalente de arena de la norma ATSM D2419.

Fuente: Norma NTP 400.037

**Tabla 2.** Límites para sustancias deletéreas en el agregado grueso

Ensayo	Porcentaje del total de la muestra (máx.)
Material más fino que la malla normalizada 75µm (Nº 200):	1,0 <sup>A</sup>
Perdida al sulfato de magnesio	18%

<sup>A</sup> Este porcentaje podrá ser aumentado a 1.5% si el material está esencialmente libre de limos y arcillas.

Fuente: Norma NTP 400.037



### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados del análisis de las pruebas laboratorio:

De la Tabla 3 se puede verificar que el peso específico del agregado grueso en el caso de la cantera de Pilcomayo es de un agregado de densidad normal, en el caso del agregado de la cantera de Sapallanga tenemos valores menores a 2.5 kg/cm<sup>3</sup> lo cual nos indican que son agregados con densidad liviana en el caso del peso específico de agregados finos de ambas canteras indican que es de un agregado de densidad normal, en cuanto a los resultados de la absorción se puede apreciar que los resultados de los agregados finos son normales, sin embargo los resultados de los agregados gruesos de la cantera de Sapallanga presenta absorciones altas y en la cantera de Pilcomayo los resultados de la absorción son normales.

De la Tabla 4 se puede verificar que el agregado fino tiene mayor Peso unitario Suelto y mayor Peso Unitario Compactado, lo cual es correcto, asimismo se puede apreciar que los “agregados morrénicos” son más livianos.

De la Tabla 5 se puede apreciar que el agregado fino tiene mayor contenido de humedad, asimismo se aprecia que el agregado morrénico altamente intemperizado tiene mayor humedad.

De la Tabla 6 podemos apreciar que los agregados no tienen PH ácido por el contrario son neutros alcalinos, asimismo se puede apreciar que los “agregados morrénicos” tienen menor PH que el agregado de la cantera de Pilcomayo, asimismo en la Tesis “Estudio de la calidad de los agregados de las principales canteras de la ciudad de Andahuaylas y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles” el PH de las canteras analizadas tienen valores más alto que 8.

#### Otros ensayos de laboratorio:

De la Tabla 7 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.

De la Tabla 8 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.

De la Tabla 9 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%.

De la Tabla 10, de acuerdo con los resultados de impurezas orgánicas se puede verificar que cumplen con los requisitos de la normativa NTP 400.037.

De la Tabla 11, se aprecia que 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% con lo que cumplen la norma NTP 400.037.

De la Tabla 12, se puede apreciar que los resultados del ensayo de cloruros son menores a los especificados en la norma NTP 400.042 de 0.03% máximo para concreto pretensado.

De la Tabla 14 se puede apreciar que los resultados del ensayo de sulfatos son menores a los especificados en la norma NTP 400.042 de 0.06% máximo.

**Tabla 3.** Peso específico y absorción del agregado

Canteras	Tipo de Agregado	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )		Absorción (%)	
		MPROM		MPROM	
Cantera Sapallanga – Río Chaclas	Agregado Fino	2.5		3.2	
	Baja Intemperización	2.42		1.97	
	Agregado Grueso	2.52		2.32	
	Alta Intemperización	2.43		3.15	
Cantera Pilcomayo	Agregado Fino	2.74		3.56	
	Agregado Grueso	2.62		1.08	

**Tabla 4.** 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	
	Baja Intemperización	1467		1281	
	Agregado Grueso	1419		1210	
	Alta Intemperización	1486		1316	
Cantera Pilcomayo	Agregado Fino	1976		1801	
	Agregado Grueso	1632		1483	

**Tabla 5.** 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	

**Tabla 6.** 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	

**Tabla 7.** Equivalente de arena

Canteras	Tipo De Agregado	Equivalente De Arena
Cantera Sapallanga Río Chaclas	Agregado Fino	84.78
Cantera Pilcomayo	Agregado Fino	87.56

**Tabla 8.** 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

**Tabla 9.** Abrasión de los Ángeles

Canteras	Agregado	% de Desgaste	
Cantera Sapallanga Río Chaclas	Agregado Grueso	Baja Intemperización	16.08
		Media Intemperización	19.4
		Alta Intemperización	23.68
Cantera Pilcomayo	Agregado Grueso	12.84	

**Tabla 10.** Impurezas orgánicas

Canteras	Agregado	Placa Orgánica N°
Cantera Sapallanga Río Chaclas	Agregado Fino	1-2
Cantera Pilcomayo	Agregado Fino	1-2

**Tabla 11.** 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	

**Tabla 12.** Cloruros en Agregados

Canteras	Tipo De Agregado	Ppm	%	
Cantera Sapallanga Río Chaclas	Agregado Fino	72	0.007	
	Agregado Grueso	Baja Intemperización	54	0.005
		Media Intemperización	73.8	0.007
		Alta Intemperización	90	0.009
Cantera Pilcomayo	Agregado Fino	72	0.007	
	Agregado Grueso	54	0.005	

**Tabla 13.** Sales Solubles en Agregados

Canteras	Tipo De Agregado	Ppm	%	
Cantera Sapallanga Río Chaclas	Agregado Fino	120	0.012	
	Agregado Grueso	Baja Intemperización	132	0.013
		Media Intemperización	144	0.014
		Alta Intemperización	240	0.024
Cantera Pilcomayo	Agregado Fino	360	0.036	
	Agregado Grueso	120	0.012	

**Tabla 14.** Sulfatos en agregados

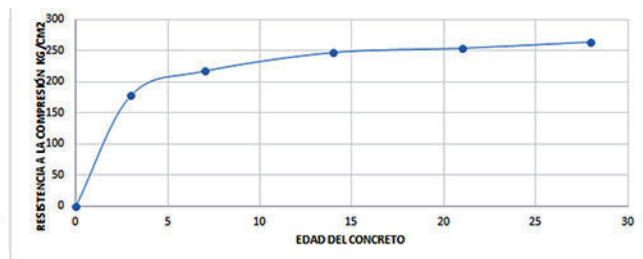
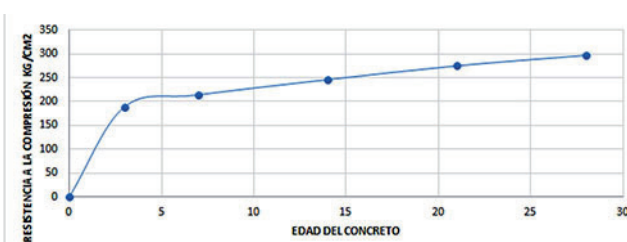
Canteras	Tipo De Agregado	Ppm	%	
Cantera Sapallanga Río Chaclas	Agregado Fino	348.41	0.035	
	Agregado Grueso	Baja Intemperización	340.1	0.034
		Media Intemperización	342.16	0.034
		Alta Intemperización	370.25	0.037
Cantera Pilcomayo	Agregado Fino	456.84	0.046	
	Agregado Grueso	457.27	0.046	

De acuerdo con las Figuras 5 y 6 se puede apreciar que el concreto elaborado con agregado de la cantera de Pilcomayo y de la cantera de agregado morrénico a los 28 días superan la resistencia de diseño de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

De acuerdo con las Figuras 7 y 8, se puede apreciar que el concreto elaborado con el agregado de la cantera de Sapallanga – Río Chaclas de media intemperización y de alta intemperización a los 28 días superan la resistencia de diseño de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

En las Figuras 9 y 10, se puede apreciar que el concreto en el diseño por durabilidad con una relación  $a/c = 0.45$ , supera la resistencia de  $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ , a los 28 días, con el agregado de la cantera Pilcomayo – no morrénica y con el agregado morrénico de baja intemperización-río Chaclas – Cantera Sapallanga.

En las Figuras 11y 12, se puede apreciar que el concreto diseño por durabilidad con una relación  $a/c = 0.45$ , supera la resistencia de  $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ , a los 28 días, con el agregado morrénico de media y alta intemperización de la cantera Sapallanga – Río Chaclas.



**Figura 5 y 6:** Diseño de mezcla por resistencia / "resistencia a la compresión"  $\text{kg/cm}^2$  a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días agregado Pilcomayo (lado izquierdo) y agregado morrénico de baja intemperización (lado derecho)

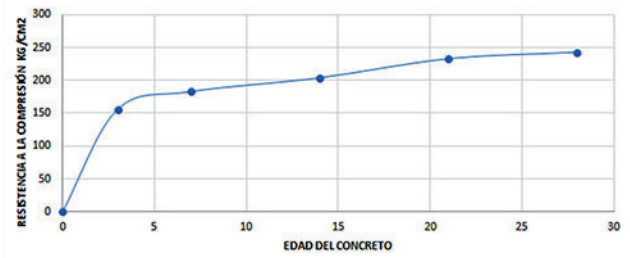
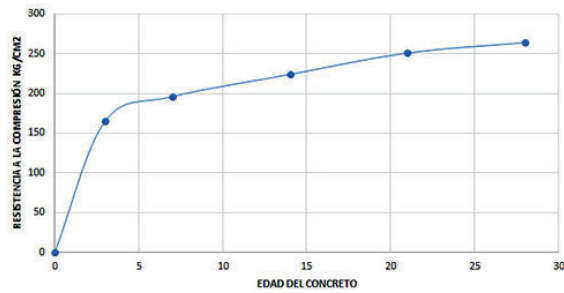


Figura 7 y 8: Diseño de mezcla por resistencia / “resistencia a la compresión kg/cm2 a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días” agregado morrénico media intemperización (lado izquierdo) y agregado morrénico de alta intemperización (lado derecho)

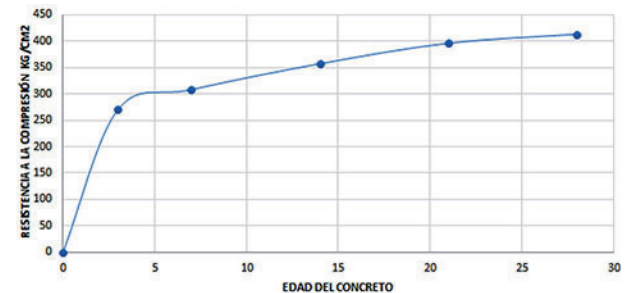
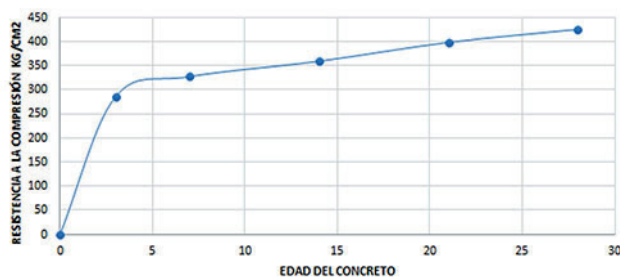


Figura 9 y 10: Diseño de mezcla por durabilidad / “resistencia a la compresión kg/cm2 a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días” Cantera Pilcomayo y agregado morrénico de baja intemperización

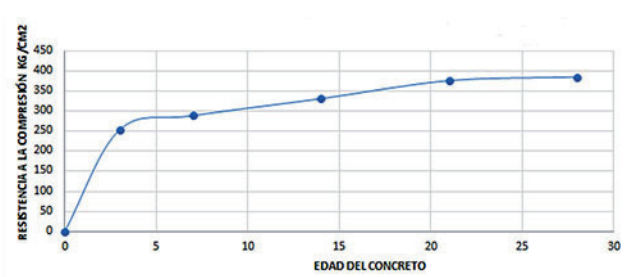
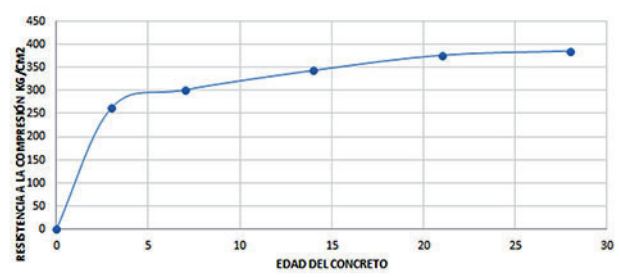


Figura 11 y 12. Diseño de mezcla por durabilidad / “resistencia a la compresión kg/cm2 a diferentes edades 3, 7, 14, 21 y 28 días” agregado morrénico de media y alta intemperización.

Tabla 15. Test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens, con agregado morrénico

			Resistencia			Total
			Bajo	Medio	Alto	
Agregado Morrénico	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 TÍP. ASINT. <sup>A</sup>	T Aproximada <sup>B</sup>	SIG. Aproximada	
Intervalo por Intervalo	R de Pearson	0,470	0,120	2,500	0,130 <sup>C</sup>	
Ordinal por Ordinal	Correlación de Spearman	0,416	0,204	2,000	0,184 <sup>C</sup>	
N° 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 16.** Test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens, por durabilidad del agregado morrénico

		Resistencia		Total	
		Alto	Medio		
Agregado Morrénico	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		
		Error TÍP. ASINT. <sup>A</sup>	T Aproximada <sup>B</sup>	SIG. Aproximada
Intervalo por Intervalo	R de Pearson	0,222	0,500	0,667 <sup>C</sup>
Ordinal por Ordinal	Correlación de Spearman	0,222	0,500	0,667 <sup>C</sup>
N° Casos Válidos				

A. Asumiendo la hipótesis alternativa.

B. Empleando el error típico asintótico basado en la Hipótesis Nula.

C. Basada en la aproximación normal.

Teniendo en consideración a la cantera de Pilcomayo (agregado referencial – base) en correlación con la cantera de Sapallanga – Río Chaclas (agregado morrénico), podemos afirmar 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 el “Test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens” 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.

Estrada y Páez (2014) indican 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 contexto, “una de las posibilidades de ruptura de la masa es por medio del agregado grueso (las otras son por la pasta y por la interfaz de contacto entre pasta y agregado”. De esta forma, “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 primer objetivo de verificar si los “agregados morrénicos” extraídos de cantera afectan en el “Test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens” en Sapallanga. 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/cm<sup>2</sup>.

En comparación con el estudio de Pérez & Castillo (1985), en su trabajo “Comportamiento de los áridos en la mezcla de concreto” encuentran 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 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 02 Analizar si los agregados morrénicos extraídos de cantera afectan la durabilidad del concreto en Sapallanga, 2018. Según los resultados del análisis 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 relación con el tercer objetivo de caracterizar geotécnicamente al agregado se han realizado los ensayos determinando que cumplen los requisitos para agregados para concreto.



#### IV. CONCLUSIONES

- Los “agregados morrénicos” de la cantera de Sapallanga – Río Chaclas (baja, media y alta intemperización) superan el 100% del “Test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens”, en el diseño por resistencia; asimismo los agregados de la cantera de Pilcomayo superan el 100% del “Test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens”, en el diseño por resistencia.
- Los “agregados morrénicos” de la cantera de Sapallanga – Río Chaclas (baja, media y alta intemperización) superan el 100% del “Test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens”, en el diseño por durabilidad, asimismo los agregados de la cantera de Pilcomayo superan el 100% del “Test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens”, en el diseño por durabilidad.
- De acuerdo con los resultados obtenidos podemos afirmar que los “agregados morrénicos” pueden ser utilizados en obra, para ello es necesario realizar los ensayos de sus propiedades físicas y otros a fin de verificar si cumplen con los requisitos de los agregados de acuerdo con la norma NTP 400.037, asimismo se debe tener en cuenta su correcto uso, manipulación, diseño, dosificación y elaboración de probetas.

#### V. AGRADECIMIENTOS

El agradecimiento a los docentes de la UPG de Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Facultad de Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, quienes con sus enseñanzas y su apoyo invaluable vienen inculcándonos la investigación en nuestras áreas de trabajo.

#### VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASTM C39/C39M-09a, (2012) “Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens”.
- Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias (2014). Norma Técnica Peruana 400.037 (3ra. Ed.). Perú, Lima: Especificaciones Normalizadas para agregados en concreto.
- Estrada C., Páez R, (2014). *Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del concreto en cilindros de concreto de 15 cm x 30 cm* (Tesis para Obtener el Título de Ingeniero). Veracruz: UV.
- Chacón N., Jacay J., Moreno I., (2005, jul. – dic.). *Procesos geodinámicos en el área río Quillcay, Huaraz – Ancash*. Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica.
- Olarte Z., (2017). *“Estudio de la calidad de los agregados de las principales canteras de la ciudad de Andahuaylas y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles”*. (Tesis para obtener el Título de Ingeniero). Abancay: UTEA.
- Pérez J., Castillo S. (1985). *Comportamiento de los áridos en la mezcla de concreto* (Tesis para obtener el Título de Ingeniero). Cajamarca: UNC.
- Rivva E. (2014). *Concreto Diseño de Mezclas*. 2da Edición Tomo 2 Perú, Lima.
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (2009). *Norma E060 Concreto Armado (1ra. Ed.)*. Perú, Lima: Reglamento Nacional de edificaciones.

