

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Evaluación de la calidad de los agregados para la industria
de la construcción extraídos del río Yauli en el tramo
comprendido entre Mahr Túnel – Pachachaca, 2017.**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor: Bach. Paúl Julino CHACON ESTRADA

Asesor: Mg. Germán RAMIREZ MEDRANO

Cerro de Pasco – Perú – 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Evaluación de la calidad de los agregados para la industria
de la construcción extraídos del río Yauli en el tramo
comprendido entre Mahr Túnel – Pachachaca, 2017.**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Luis Villar REQUIS CARBAJAL
PRESIDENTE

Ing. Ramiro Ernesto DE LA CRUZ FERRUZO
MIEMBRO

Mg. Manuel Antonio HUAMAN DE LA CRUZ
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios JEHOVA, Por haberme dado la fortaleza y sabiduría a lo largo de este camino.

A mis padres, Julio César Chacón Pérez y Lina Estrada Santivañez, por su cariño, paciencia y apoyo incondicional. Este triunfo es de ustedes.

RECONOCIMIENTO

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, mi Alma Mater.

A mis docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil, quienes me inculcaron los valores de responsabilidad, ética y profesionalismo.

A mi familia, por el apoyo incondicional.

Al laboratorio de mecánica de suelos, concreto y asfalto de la empresa CISAC PERU S.A.C, por todas las facilidades dadas durante la ejecución de los ensayos.

A todas aquellas personas que han contribuido al desarrollo y culminación del presente proyecto de investigación.

Muchas Gracias.

RESUMEN

La presente tesis, “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EXTRAÍDOS DEL RÍO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TÚNEL – PACHACHACA, 2017”.

Se realizó bajo el estudio de dos canteras o minas: Cantera ROMA y cantera PACHACHACA, las mismas que abastecen de material pétreo para la construcción de obras civiles en la ciudad de Yauli y sus alrededores.

La investigación consistió en acudir a los principales yacimientos mencionados líneas arriba; de acuerdo al tipo de material, proceso de extracción y presencia en el mercado, se seleccionó a las canteras en estudio. Para ello, previo consentimiento de los propietarios se procedió a tomar muestras representativas de cada una de las canteras (Agregado fino y grueso: Roma, Agregado fino y grueso: Pachachaca) de acuerdo a la NTP 400.010, estas muestras fueron trasladadas al Centro de Investigación en Suelos, Asfalto y Concreto “CISAC PERU”, Huancayo. En donde se realizaron diversos ensayos de laboratorio a los agregados con la finalidad de obtener y determinar sus propiedades físicas y de resistencia.

Una vez obtenidas los valores que corresponden a sus propiedades físicas y mecánicas de las muestras en estudio se procedió a compararlos con los valores especificados por las normas mencionadas en cada ensayo (normas ASTM, MTC y las NTP correspondientes), en este caso se establece que están dentro de los límites admisibles y que es apto para ser empleado en la elaboración de concreto.

Finalmente, se pudo concluir que los agregados de la cantera Roma y Pachachaca a parte de cumplir con la NTP 400.037, son recomendados para su aplicación en la industria de la construcción.

Palabras clave: Cantera; Agregado.

SUMMARY

This thesis, "ASSESSMENT OF THE QUALITY OF THE ADDED FOR THE CONSTRUCTION INDUSTRY EXTRACTED FROM THE YAULI RIVER IN THE SECTION INCLUDED BETWEEN MAHR TUNNEL - PACHACHACA, 2017".

It was carried out under the study of two quarries or mines: ROME quarry and PACHACHACA quarry, which supply stone material for the construction of civil works in the city of Yauli and its surroundings.

The research consisted of going to the main sites mentioned above; According to the type of material, extraction process and market presence, the quarries under study were selected. For this, with the prior consent of the owners, representative samples were taken from each of the quarries (Fine and coarse aggregate: Rome, Fine and coarse aggregate: Pachachaca) according to NTP 400.010, these samples were transferred to the Research Center in Soils, Asphalt and Concrete "CISAC PERU", Huancayo. Where various laboratory tests were performed on the aggregates in order to obtain and determine their physical and resistance properties.

Once the values corresponding to their physical and mechanical properties of the samples under study were obtained, they were compared with the values specified by the standards mentioned in each

test (ASTM, MTC and the corresponding NTP standards), in this case it is established that They are within the permissible limits and that is apt to be used in the elaboration of concrete.

Finally, it was concluded that the aggregates of the Roma and Pachachaca quarry, apart from complying with NTP 400.037, are recommended for application in the construction industry.

Keywords: quarry; aggregate.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día se realizan construcciones civiles dentro del distrito de Yauli utilizando agregados de diferentes canteras, sin embargo, los constructores que adquieren dicho material lo utilizan sin conocer sus propiedades y por ende esto genera un alto grado de incertidumbre al momento de realizar el concreto ya que al no conocer las propiedades de sus componentes no podemos saber si este alcanzará la resistencia esperada.

Estas propiedades deberían cumplir con ciertos requisitos técnicos para la elaboración de concreto, sin embargo ni los propietarios de las canteras ni los mismos constructores se han preocupado en determinarlas y es por eso que en muchos casos al realizar un concreto con cemento de calidad, agua potable y las cantidades necesarias de material, etc. aun así no se obtiene la resistencia deseada quedando como única explicación que la calidad de los agregados fue la que influyó entonces resulta sumamente importante la necesidad de determinarla.

La influencia de este material en las propiedades del concreto tiene efectos importantes, no sólo en el acabado y calidad final del concreto sino también sobre la trabajabilidad y consistencia al estado plástico, así como sobre la durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios volumétricos y peso unitario del concreto endurecido.

La norma de concreto E-060, recomienda que a pesar que en ciertas circunstancias agregados que no cumplen con los requisitos estipulados han demostrado un buen comportamiento en experiencias de obras ejecutadas, sin embargo, debe tenerse en cuenta que un comportamiento satisfactorio en el pasado no garantiza buenos resultados bajo otras condiciones y en diferentes localizaciones, en la medida de lo posible deberán usarse agregados que cumplan con las especificaciones técnicas. NTP 400.037.

ÍNDICE

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3.1. Problema general	3
1.3.2. Problemas específicos.....	3
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO	6
2.2. BASES TEÓRICAS	10
2.2.1. CANTERA	10
2.2.1.1. DEFINICIÓN	10

2.2.1.2. CLASIFICACIÓN DE CANTERAS.....	12
2.2.1.2.1. Según su origen	12
2.2.1.2.2. Según el tipo de explotación	16
2.2.1.2.3. Según el material a explotar.....	17
2.2.1.3. PROCESOS REALIZADOS EN LAS CANTERAS	17
2.2.1.4. USOS DEL MATERIAL EXTRAÍDOS DE LAS CANTERAS.....	18
2.2.1.5. NORMATIVA QUE RIGE LAS CANTERAS EN EL PERÚ.....	19
2.2.1.5.1. Ley N° 28221, Ley que regula el derecho por extracción de materiales de los álveos o cauces de los ríos por las municipalidades.	19
2.2.1.5.2. Ley que modifica la Ley núm. 28221, Ley que regula el derecho por extracción de materiales de los álveos o cauces de los ríos por las municipalidades	21
2.2.1.5.3. Procedimiento administrativo a seguir para obtener la autorización de extracción de materiales ubicados en los cauces del río .	28
2.2.1.6. IMPACTO AMBIENTAL EN LA EXPLOTACIÓN DE CANTERAS.....	34
2.2.1.6.1. Problemática generada por canteras.....	34
2.2.1.6.2. Enfrentamiento de la problemática	37
2.2.2. AGREGADOS	42

2.2.2.1. DEFINICIÓN	42
2.2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS.....	46
2.2.2.2.1. Por su origen o procedencia.....	47
2.2.2.2.2. Por su composición mineralógica	50
2.2.2.2.3. Por su tamaño	51
2.2.2.2.4. Por su peso específico	83
2.2.2.2.5. Por su forma.....	84
2.2.2.3. INFLUENCIA DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO.....	89
2.2.2.4. FUNCIONES DE LOS AGREGADOS	90
2.2.2.5. PROPIEDADES DEL AGREGADO	94
2.2.2.5.1. Propiedades físicas	94
2.2.2.5.2. Propiedades resistentes o mecánicas	96
2.2.2.5.3. Propiedades térmicas.....	97
2.2.2.5.4. Propiedades químicas.....	99
2.2.2.6. USOS DE LOS AGREGADOS EN LA INGENIERÍA CIVIL	99
2.2.2.7. NORMAS Y REQUISITOS DE AGREGADOS ...	101
2.2.2.7.1. Requisitos obligatorios	101
2.2.2.7.2. Requisitos complementarios	108
2.2.2.7.3. Normas técnicas peruanas.....	109
2.2.3. MATERIALES PARA BASE Y SUB BASE.....	112
2.2.3.1. DEFINICIÓN	112
2.2.3.2. LAS FUNCIONES DE LA SUB BASE	112

2.2.3.2.1. Materiales para sub base	114
2.2.3.2.2. Requerimientos granulométricos para sub base.....	115
2.2.3.3. LA FUNCIÓN DE LA BASE	117
2.2.3.3.1. Materiales para base.....	119
2.2.3.4. ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADOS.....	119
2.2.3.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS....	120
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	122
2.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	127
2.4.1. Hipótesis general.....	127
2.4.2. Hipótesis específicas.....	127
2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	128
2.5.1. Variables independientes	128
2.5.2. Variables dependientes	128
2.6. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES.....	130
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	131
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	131
3.2. METODOS DE INVESTIGACIÓN.....	132
3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	132
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	133
3.4.1. Población.....	133
3.4.1.1. Identificación de canteras	133
3.4.2. Muestra	134

3.4.2.1. Selección de cantera en estudio	134
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	139
3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	142
3.7. TRATAMIENTO ESTADISTICO.....	143
3.8. SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	145
3.9. ORIENTACIÓN ÉTICA.....	148
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	150
4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO	150
4.1.1. Cantera Roma	150
4.1.2. Cantera Pachachaca	156
4.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	162
4.2.1. Muestreo disturbado.....	162
4.2.3. Ensayos efectuados	162
CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS	163
A. Contenido de humedad.....	163
B. Análisis granulométrico de los agregados.....	164
C. Peso específico y absorción	164
D. Peso unitario	166
E. Durabilidad al sulfato de magnesio.....	166
F. Impurezas orgánicas en el agregado fino	167
G. Abrasión con la máquina de los angeles	167

4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS	168
4.3.1. Agregados de la cantera Roma	168
4.3.1.1. Agregado grueso.....	168
4.3.1.2. Agregado fino.....	169
4.3.2. Agregados de la cantera Pachachaca.....	170
4.3.2.1. Agregado grueso.....	170
4.3.2.2. Agregado fino.....	171
4.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	172

CONCLUSIONES.

RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFIA.

ANEXOS.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2-1 Límites de la Norma ASTM C33.....	57
TABLA 2-2 Determinación Módulo de Finura de un Agregado Fino	61
TABLA 2-3 Porcentajes que pasan por las siguientes Mallas	78
TABLA 2-4 Clasificación Granulométrica (Gravas).....	86
TABLA 2-5 Clasificación Granulométrica (Cantos Rodados)	88
TABLA 2-6 Requisito Granulométrico para el Agregado Grueso .	105
TABLA 2-7 Requisito Granulométrico para el Agregado Fino	106
TABLA 2-8 Sustancias Dañinas.....	107
TABLA 2-9 Normas Técnicas Peruanas acerca de Agregados....	111
TABLA 2-10 Requerimiento Granulométrico Sub-Base granular .	116
TABLA 2-11 Requerimientos de Ensayos Especiales	117
TABLA 2-12 Ensayos de Calidad de Agregados	119
TABLA 2-13 Especificaciones Técnicas para Materiales	121
TABLA 2-14 Matriz de Coherencia	130
TABLA 3-1 Identificación de canteras en el río Yauli	134
TABLA 3-2 Tipo de material y proceso de extracción	135
TABLA 3-3 Resumen de encuesta a maestros y/o albañiles.....	137
TABLA 4-1 Propiedades obtenidas agregado grueso Roma.....	169
TABLA 4-2 Propiedades obtenidas agregado fino Roma	170
TABLA 4-3 Propiedades obtenidas agregado grueso Pachachaca	171
TABLA 4-4 Propiedades obtenidas agregado fino Pachachaca...	172

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Empleo de materiales pétreos.....	6
Figura 2-2 Cantera de río.....	13
Figura 2-3 Cantera de peña.....	14
Figura 2-4 Extracción de cantera de aluvión	15
Figura 2-5 Extracción de cantera de Peña	15
Figura 2-6 Agregado rodado.....	48
Figura 2-7 Agregado triturado.....	48
Figura 2-8 Agregado artificial.....	49
Figura 2-9 Agregado reciclado.....	50
Figura 2-10 Agregado fino	54
Figura 2-11 Estados de humedad.....	66
Figura 2-12 Agregado grueso	69
Figura 2-13 Tamaño máximo en algunas estructuras	79
Figura 2-14 Agregado grueso angular.....	85
Figura 2-15 Agregado grueso canto rodado.....	87
Figura 2-16 Los agregados ocupan de 60% a 75% del volumen concreto	92
Figura 2-17 Tamices estándar ASTM C33 para agregado fino	103
Figura 2-18 Variable independiente.....	128
Figura 2-19 Variable dependiente.....	129
Figura 3-1 Proceso mecanizado en la extracción de agregado ...	136
Figura 3-2 Gráfico estadístico de la cantera de mayor demanda .	138

Figura 3-3 Trabajo de campo con el propósito de encuestar a los albañiles	139
Figura 3-4 Balanza electrónica para el pesaje de las muestras ...	140
Figura 3-5 Juego de tamices para la granulometria	141
Figura 3-6 Canastilla metálica y recipiente de agua	141
Figura 3-7 Horno eléctrico para secado de muestras	141
Figura 3-8 Máquina de los Angeles para la abrasión	141
Figura 4-1 Ubicación satelital de la cantera Roma	153
Figura 4-2 Zarandeo de material extraído del río Yauli – cantera Roma	154
Figura 4-3 Explotación a cielo abierto con cargador frontal - cantera Roma.....	154
Figura 4-4 Zaranda metálica para clasificación - cantera Roma .	155
Figura 4-5 Material seleccionado para comercialización – Roma	155
Figura 4-6 Ubicación satelital de la cantera Pachachaca	159
Figura 4-7 Explotación a cielo abierto - cantera Pachachaca	160
Figura 4-8 Proceso de extracción mecanizado cantera Pachachaca	160
Figura 4-9 Zaranda metálica para la clasificación - cantera Pachachaca.....	161
Figura 4-10 Material seleccionado para la comercialización - Pachachaca	161

SIMBOLOGÍA

ASTM : American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales).

ACI : American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto).

a/c : Relación agua / cemento.

cm : Centímetros.

cm² : Centímetro cuadrado.

gr : Gramos.

kg/cm²: Kilogramo por centímetro cuadrado.

kg/cm³: Kilogramo por centímetro cubico.

kg : Kilogramo.

m³ : Metro cubico.

mm : Milímetro.

mm³ : Milímetro cubico.

NTP : Norma Técnica Peruana.

MF : Modulo de fineza.

TMN : Tamaño máximo nominal.

TM : Tamaño máximo.

pulg : Pulgadas.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.

Actualmente en nuestro medio (distrito de Yauli) se vienen realizando diversos tipos de obra civil ya sean edificaciones, obras de saneamiento, obras viales u obras hidráulicas las cuales en la elaboración del concreto y rellenos controlados llámense materiales de préstamo para base se vienen usando materiales procedentes de las canteras, sin embargo los constructores que adquieren dicho material lo utilizan sin conocer sus propiedades y por ende esto genera un alto grado de incertidumbre al momento de realizar el concreto ya que al no conocer las propiedades de sus componentes no podemos saber si este alcanzará la resistencia esperada.

Estas propiedades deberían cumplir con ciertos requisitos técnicos para la elaboración del concreto, sin embargo ni los propietarios de las canteras ni los mismos constructores se han preocupado en determinarlas y es por eso que en muchos casos al realizar el concreto con cemento de calidad, agua potable y las cantidades necesarias de material, etc., aún así no se obtiene la resistencia deseada quedando como única explicación que la calidad de los agregados fue la que influyó entonces resulta sumamente importante la necesidad de determinarla.

Al no realizarse la investigación aquí planteada habría un alto grado de incertidumbre al momento de preparar el concreto debido a que se desconocería la calidad de los agregados que lo conforman y por ende no habría fiabilidad al momento de querer obtener la resistencia requerida. Como los agregados conforman gran parte del volumen final del concreto y al resultar estos de baja calidad en primera instancia el concreto resultaría de baja resistencia lo cual a futuro puede ocasionar daños irreparables en las estructuras en que haya sido utilizado.

La calidad de los agregados se puede medir en función a sus propiedades físicas (densidad, porosidad, peso unitario, porcentaje de vacíos y humedad) y propiedades resistentes (resistencia, tenacidad, dureza y módulo de elasticidad).

De lo dicho, la presente investigación pretende obtener información de la calidad de los agregados extraídos del río Yauli en el tramo comprendido entre Mahr Tunel – Pachachaca, mediante ensayos de laboratorio normalizados, con el propósito de determinar si es adecuada para la industria de la construcción.

Así, ante lo anteriormente expuesto, la pregunta principal que guiará esta investigación será: ¿Cuál es la calidad de los agregados para la industria de la construcción extraídos del río Yauli en el tramo comprendido entre Mahr Tunel - Pachachaca?

1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

A fin de cumplir con lo planteado lo primero que haremos es registrar las canteras de donde se extraen los agregados, con el objeto de delimitar nuestra zona de estudio y conocer el proceso de extracción. Teniendo esta información elegiremos a una cantera que tiene más presencia en el mercado en cada zona de estudio; en los cuales tomaremos las muestras para los respectivos ensayos de laboratorio, con el fin de determinar la calidad de los agregados para la industria de la construcción.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.3.1. PROBLEMA GENERAL.

- ¿Cuál es la calidad de los agregados para la industria de la construcción extraídos del río Yauli en el tramo comprendido entre Mahr Tunel - Pachachaca?

1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

- ¿Qué propiedades de los agregados influyen directamente en la resistencia final del concreto?
- ¿Los agregados empleados en la elaboración de concreto en la ciudad de Yauli, provincia de Yauli La Oroya, cumplen con las especificaciones técnicas establecidas?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.4.1. OBJETIVO GENERAL.

- Evaluar la calidad de los agregados para la industria de la construcción extraídos del río Yauli en el tramo comprendido entre Mahr Tunel – Pachachaca.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Determinar las propiedades de los agregados que influyen directamente en la resistencia final del concreto.
- Establecer si los agregados que se utilizan en la construcción de obras civiles en la ciudad de Yauli, provincia de Yauli La Oroya, son aptos para la elaboración de concreto.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

La presente investigación se realiza con la finalidad de conocer las propiedades de los agregados de esta manera conocer si dichos materiales cumplen con las normas técnicas establecidas.

Esta información será de mucha utilidad para los constructores, entidades públicas y usuarios particulares ya que conocerán la fiabilidad de los agregados empleados y sabrán de manera certera que resistencia esperar del concreto que preparen en obra. También resulta ventajoso desde el punto de

vista económico debido a que los agregados tienen menor precio en el mercado comparado con el cemento que es otro material indispensable en la elaboración del concreto, puesto que una dosificación adecuada no se verán necesitados de incrementar cemento para obtener mayor resistencia.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

- El estudio comprenderá en realizar los ensayos de las muestras recolectadas de las canteras del área de estudio, que se encuentra en el río Yauli en el tramo comprendido entre Mahr Tunel – Pachachaca.
- Basados en la Norma ASTM C-33 y las NTP, se evaluarán la calidad de los agregados, con el fin de determinar si estos se mantienen dentro de los límites aceptables, así como la influencia de las variaciones en estos índices de calidad.
- El número de ensayos que se realizarán estarán supeditadas a la cantidad de información útil que se recolecte, ya que será fundamental para el logro de los objetivos del proyecto.
- Los ensayos como: ASTM C-586: “Métodos de ensayo para Reactividad Alcalina Potencial de Rocas Carbonatadas para agregados de concreto”, ASTM C-342: “Método de Ensayo para Cambio Potencial de volumen en Combinaciones Cemento – Agregados”, y otros ensayos no son posible realizarlos por la insuficiencia de equipo de laboratorio y el alto costo económico que representa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIO.

Aunque no existen registros de las primeras canteras explotadas o de los primeros estudios para la realización del proceso de extracción de los agregados, es fácil notar que ya hace muchos siglos se ha venido empleando el uso de los agregados, los cuales se puede observar en los vestigios que nos han dejado nuestros antepasados y que hasta la actualidad podemos admirar. Por ejemplo: tenemos las pirámides que fueron construidas por los egipcios con piedras de grandes dimensiones; en la edad media encontramos un sin número de edificios, puentes, casas, caminos, catedrales, etc. El proceso de extracción de agregados que se llevaba en esos tiempos era a base de pico y pala, luego los artesanos tallaban y moldeaban la roca para su aplicación en las diferentes construcciones.



Figura 2-1 Empleo de materiales pétreos (Pirámide Keops).

Profundizando más, la extracción de los agregados empezó desde la edad de piedra, época en la que tomaban piedras de los ríos cercanos y luego las convertían en herramientas o armas después de haber pasado por un proceso de tallado.

Los agregados han sido uno de los materiales más utilizados en nuestra sociedad, siendo un aporte importante para la humanidad y aunque han pasado siglos desde que se los emplean, la extracción de los agregados ha ido en crecimiento junto al desarrollo tecnológico de un país, esto es, cuanto más desarrollado está un país, mayor cantidad de agregados consume, convirtiéndose así en el segundo material más consumido por la humanidad, después del agua.

Antiguamente se decía que los agregados eran elementos inertes dentro del concreto ya que no intervenían directamente dentro de las reacciones químicas, la tecnología moderna se establece que siendo este material el que mayor porcentaje de participación tendrá dentro de la unidad cubica de concreto sus propiedades y características diversas influyen en todas las propiedades del concreto.

La influencia de este material en las propiedades del concreto tiene efectos importantes no sólo en el acabado y calidad final del concreto sino también sobre la trabajabilidad y consistencia al estado plástico, así como sobre la durabilidad,

resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios volumétricos y peso unitario del concreto endurecido.

La norma de concreto E-060, recomienda que ha pesar que en ciertas circunstancias agregados que no cumplen con los requisitos estipulados han demostrado un buen comportamiento en experiencias de obras ejecutadas, sin embargo, debe tenerse en cuenta que un comportamiento satisfactorio en el pasado no garantiza buenos resultados bajo otras condiciones y en diferentes localizaciones, en la medida de lo posible deberán usarse agregados que cumplan con las especificaciones técnicas.

A nivel nacional se ha realizado la siguiente investigación:

Omar Vargas Palomino (2013), para Optar el título profesional de Ingeniero Civil, sustento en la Universidad Alas Peruanas; la Tesis: “Análisis de la Influencia de la Procedencia de Agregados y su Repercusión en el Diseño de Mezclas de Concretos Estructurales en el Distrito de Puno – 2013”; el trabajo de investigación el propósito fundamental fue estudiar la influencia de la calidad de los agregados pétreos ubicados en el distrito de Puno sobre la resistencia a compresión del concreto, realizando ensayos comparativos entre el concreto realizado con agregados de la Cantera Viluyo y de la cantera Carucaya variando las resistencias de diseño empleadas.

Los resultados permiten concluir que en el concreto realizado con agregados de la cantera Curucaya, presento poca trabajabilidad

debido a la gran cantidad de tamaños cercanos al tamaño máximo nominal del agregado, en el concreto endurecido, los resultados de la resistencia a compresión fueron los esperados en el diseño de mezcla, todo esto, a diferencia del concreto realizado con agregados de la cantera Viluyo que presento mejor trabajabilidad pero baja resistencia a la compresión, es de hacer notar que existen variables en la calidad de los agregados que no están incluidas en las fórmulas de diseño de mezcla que afectan directamente las propiedades mecánicas del concreto.

Otro trabajo que tenemos como antecedente es el que realizaron alumnos de la Universidad Nacional de Cajamarca, el cual tiene como titulo: “Estudio Técnico de una Cantera de Agregados – Cantera Chavez” esta cantera se encuentra ubicada a la altura del kilómetro dos de la carretera Cajamarca – Bambamarca. El estudio de esta cantera se realizo básicamente en dos zonas: Zona A, lugar de donde se extrae el agregado fino, tiene una arena bien graduada, esta se puede utilizar en obras de construcción; principalmente es una arena silicosa la misma que se usa en la elaboración de varios concretos y la Zona B, lugar donde predomina el agregado grueso, graba bien graduada, la roca predominante es la arenisca cuarzosa y de un perfil redondeado principalmente. Este trabajo realizado en abril 2010 nos arroja como conclusiones, que los agregados de esta cantera son aptos para su uso en la elaboración de concreto para la construcción.

A nivel local no se ha reportado ningún trabajo de investigación concerniente a las canteras del río Yauli, por lo que se exhorta a la comunidad profesional y universitaria en general a una mayor investigación de los mismos.

2.2 BASES TEÓRICAS.

2.2.1. CANTERA.

2.2.1.1 DEFINICIÓN.

Explotación a cielo abierto de un terreno de donde puede extraerse piedras o agregados para la construcción u otros fines.

También se define como cantera al lugar donde se extraen rocas o minerales procedentes de un macizo rocoso. Los materiales extraídos son generalmente para la industria de la construcción u obras civiles.

Es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales y ornamentales; también es una explotación superficial a cielo abierto de una roca muy bien clasificada y cuantificada, a excepción de las calizas, carbón y metales, donde se refiere a la actividad minera que produce áridos: rajón, gravas, gravillas, arenas, etc., que abastecen las necesidades de la construcción; además donde se aplica la más variada tecnología que va desde el pico y la pala hasta la pólvora

y maquinaria de diferente orden. Igualmente se refiere a las explotaciones a cielo abierto de materiales de construcción entre los cuales se incluyen las rocas industriales y ornamentales, gravas, gravillas, arenas y arcillas.

Es el lugar donde se extraen materiales de construcción, sea directamente o después de transformación, áridos para vías, o materiales para otras necesidades ingenieriles tales como: enrocados, terraplenes y obras de contención. Excluyendo de esta clasificación la extracción de minerales propiamente dichos.

Las canteras son la fuente principal de materiales pétreos los cuales se constituyen en uno de los insumos fundamentales en el sector de la construcción de obras civiles, estructuras, vías, presas y embalses, entre otros. Por ser materia prima en la ejecución de estas obras, su valor económico representa un factor significativo en el costo total de cualquier proyecto.

La exploración de canteras está orientada a ubicar la calidad, distancia y volumen de los tipos de materiales necesarios para la construcción, para ello, se debe ubicar y definir las canteras más convenientes por cada tipo de material. Una vez identificadas estas se proceden a

realizar las exploraciones, describiendo el material encontrado en cada una, las cuales se muestran en los registros de exploración. Los agregados usados en construcción son de suma importancia, pues son la materia prima para la preparación del concreto utilizado masivamente en nuestras construcciones y obras civiles en general. Ellos deben garantizar un producto de calidad que certifique el buen funcionamiento de las estructuras.

Toda cantera tiene una vida útil, y una vez agotada, el abandono de la actividad suele originar serios problemas de carácter ambiental, principalmente relacionados con la destrucción del paisaje.

2.2.1.2 CLASIFICACIÓN DE CANTERAS.

2.2.1.2.1 SEGÚN SU ORIGEN.

Existen dos tipos fundamentales de canteras:

A. ALUVIÓN O FLUVIAL.

Llamadas también canteras fluviales, en las cuales los ríos como agentes naturales de erosión, transportan durante grandes recorridos las rocas aprovechando su energía cinética para depositarlas en zonas de menor potencialidad formando grandes depósitos de éstos materiales entre los cuales se encuentran desde cantos rodados y gravas hasta arena, limos y arcillas; la

dinámica propia de las corrientes de agua permite que aparentemente estas canteras tengan ciclos de autoabastecimiento, lo cual implica una explotación económica, pero de gran afectación a los cuerpos de agua y a su dinámica natural. Dentro del entorno ambiental una cantera de aluvión tiene mayor aceptación en terrazas alejadas del área de influencia del cauce que directamente sobre él.



Figura 2-2 Cantera de río.

B. ROCA O PEÑA.

Más conocidas como canteras de peña, las cuales tienen su origen en la formación geológica de una zona determinada, donde pueden ser sedimentarias, ígneas o metamórficas; estas canteras por su condición estática, no presentan esa característica de autoabastecimiento lo cual las hace fuentes limitadas de materiales.



Figura 2-3 *Cantera de Peña.*

Estos dos tipos de canteras se diferencian básicamente en dos factores, los tipos de materiales que se explotan y los métodos de extracción empleados para obtenerlos.

En las canteras de río, los materiales granulares que se encuentran son muy competentes en obras civiles, debido a que el continuo paso y transporte del agua desgasta los materiales quedando al final aquellos que tiene mayor dureza y además con características geométricas típicas como sus aristas redondeadas. Estos materiales son extraídos con palas mecánicas y cargadores de las riberas y cauces de los ríos.



Figura 2-4 Extracción de Cantera de Aluvión.

Las canteras de peña, están ubicadas en formaciones rocosas, montañas, con materiales de menor dureza, generalmente, que los materiales de ríos debido a que no sufren ningún proceso de clasificación; sus características físicas dependen de la historia geológica de la región, permitiendo producir agregados susceptibles para su utilización industrial; estas canteras se explotan haciendo cortes o excavaciones en los depósitos.



Figura 2-5 Extracción de Cantera de Peña.

2.2.1.2.2 SEGÚN EL TIPO DE EXPLOTACIÓN.

- **Canteras a Cielo Abierto:** En laderas, cuando la roca se arranca en la falda de un cerro. Su proceso de extracción (explotación) de minerales se ejecuta en la superficie de terreno con maquinarias de gran tamaño.

- **Canteras Subterráneas:** Su actividad por debajo de la superficie a través de labores subterráneas. En términos comparativos, la maquinaria que se usa en la minera subterránea es mucho más pequeña que la que se utiliza a cielo abierto, debido a las limitaciones que impone el tamaño de las galerías y labores.

Previa a la explotación de una cantera se realiza sondeos y análisis que permitan conocer las propiedades del macizo rocoso hallando de esta forma, un adecuado y eficiente proceso de extracción del material pétreo. El sondeo comprende en sí de dos fases que son la prospección y la exploración. La prospección determina la existencia y ubicación de zonas donde la presencia del material pétreo es más probable. La exploración determina la ubicación, leyes y tonelaje

del yacimiento, calculando sus reservas y estableciendo el método más adecuado para su exploración.

Los agregados que generalmente se extraen de las canteras son:

- Rocas calcáreas sedimentarias, metamórficas e ígneas.
- Arenas.

2.2.1.2.3 SEGÚN EL MATERIAL A EXPLOTAR.

- De Materiales Consolidados o Roca.
- De Materiales no Consolidados como suelos, saprolito, agregados, terrazas aluviales y arcillas.

2.2.1.3 PROCESOS REALIZADOS EN LAS CANTERAS.

El material de cantera no suele tener las propiedades que se le exigen en obra como son una granulometría definida, un tamaño máximo o estar libres de finos por lo que deben ser sometidos a varios procesos para su puesta en obra:

a. Limpieza: Se les quitan las ramas, los finos y otros restos que puedan tener. Suele implicar humedecerlos por lo que al final también tendrán un secado posterior si se requieren secos.

b. Triturado: Para conseguir el diámetro máximo necesario se deben romper con las trituradoras. La trituración completa tiene tres fases. La primaria en la que sale un árido de 2 cm, la secundaria en la que el tamaño oscila entre 1,5 y 0,5 cm y la terciaria que produce arenas.

c. Clasificación: Dependiendo del diámetro se puede hacer con un cribado, aunque si el diámetro es menor de 2 mm resulta más rentable usar separación hidráulica y neumática.

2.2.1.4 USOS DEL MATERIAL EXTRAÍDOS DE LAS CANTERAS.

Los materiales extraídos de las canteras de agregados se utilizan para:

- ✓ Confección de concreto y morteros.
- ✓ Rellenos.
- ✓ Escolleras.
- ✓ Balastos de vías férreas.
- ✓ Bases y sub bases de carreteras.
- ✓ Firmes de aglomerados asfáltico.

2.2.1.5 NORMATIVA QUE RIGE LAS CANTERAS EN EL PERÚ.

2.2.1.5.1 LEY N° 28221, LEY QUE REGULA EL DERECHO POR EXTRACCIÓN DE MATERIALES DE LOS ÁLVEOS O CAUCES DE LOS RÍOS POR LAS MUNICIPALIDADES.

Artículo 1. – Objeto de la Ley

Las Municipalidades Distritales y las Municipalidades Provinciales en su jurisdicción, son competentes para autorizar la extracción de materiales que acarrear y depositan las aguas en los álveos o cauces de los ríos y para el cobro de los derechos que correspondan, en aplicación de lo establecido en el inciso 9 del artículo 69 de la Ley N° 27972.

Artículo 2. – Definición

Para efectos de la presente Ley se entiende por materiales que acarrear y depositan las aguas en los álveos o cauces de los ríos a los minerales no metálicos que se utilizan con fines de construcción, tales como los limos, arcillas, arenas, grava, guijarros, cantos rodados, bloques o bolones, entre otros.

Artículo 3. – Derecho de extracción

El derecho de extracción a que se refiere el inciso 9 del artículo 69 de la Ley N° 27972, no podrá ser superior al

derecho de vigencia que pagan los concesionarios mineros no metálicos.

Los Ministerios, entidades públicas y gobiernos regionales que tengan a su cargo la ejecución de obras, viales, quedan exceptuados del pago de los derechos previstos en el inciso 9 del artículo 69 de la Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.

Artículo 4. – Zona de extracción

La zona de extracción se ubicará siguiendo el eje central del cauce del río, sin comprometer las riberas ni obras hidráulicas existentes en ellas.

Artículo 5. – Causales de suspensión o extinción

La Municipalidad puede suspender las actividades de extracción o disponer el cambio de ubicación de la zona de extracción si los titulares de los permisos contaminan gravemente las aguas del río, afectan el cauce o sus zonas aledañas o la propiedad o afectan la seguridad de la población.

Artículo 6. – Requisitos

Las autorizaciones a que se refiere el artículo 1 de esta Ley se otorgan a solicitud de parte adjuntando como mínimo la siguiente información:

- a) Tipo de material a extraerse y el volumen del mismo expresado en metros cúbicos.
- b) Cauce y zona de extracción, así como puntos de acceso y salida del cauce, todo ello expresado en base a coordenadas U.T.M.
- c) Planos a escala 1/5,000 en coordenadas U.T.M. de los aspectos mencionados en el inciso anterior.
- d) Ubicación de las instalaciones de clasificación y acopio si las hubiere.
- e) Sistema de extracción y características de la maquinaria a ser utilizada.
- f) Plazo de extracción solicitado.

2.2.1.5.2 LEY QUE MODIFICA LA LEY NÚM. 28221, LEY QUE REGULA EL DERECHO POR EXTRACCIÓN DE MATERIALES DE LOS ÁLVEOS O CAUCES DE LOS RÍOS POR LAS MUNICIPALIDADES.

Artículo 1°. – Modificación de la denominación de la Ley núm. 28221

Modifícase la denominación de la Ley núm. 28221, con el siguiente texto:

“Ley que regula el derecho por extracción de materiales de las canteras y de los álveos o cauces de los ríos por las municipalidades”.

**Artículo 2°. – Modificación de artículos de la Ley
núm. 28221**

Modifícanse los artículos 1º, 2º, 3º, 4º, 5º y 6º de la Ley
núm. 28221, de la siguiente manera:

“Artículo 1º. – Objeto de la Ley

Las municipalidades distritales, en su jurisdicción, y las municipalidades provinciales, en su distrito del cercado, son competentes para autorizar y cobrar los derechos por la extracción de materiales de construcción de las canteras y por la extracción de materiales que acarrean o depositan las aguas en los álveos o cauces de los ríos, de conformidad con lo establecido en el inciso 9 del artículo 69º de la Ley núm. 27972, Ley Orgánica de Municipalidades, y según lo dispuesto por la Autoridad Nacional del Agua sobre el uso y gestión de los recursos hídricos.

Artículo 2º. – Definición

Para efectos de la presente Ley, se entiende por materiales que acarrean y depositan las aguas en los álveos o cauces de los ríos a los minerales no

metálicos que se utilizan con fines de construcción.

Se entiende por materiales de las canteras los que se utilizan con fines de construcción, tales como limo, arcilla, arena, grava, guijarros, cantos rodados, bloques o bolones, entre otros.

Artículo 3°. – Derecho de extracción

El derecho de extracción a que se refiere el inciso 9 del artículo 69° de la Ley núm. 27972, Ley Orgánica de Municipalidades, no puede ser superior al derecho de vigencia que pagan los concesionarios mineros no metálicos. Los ministerios, las entidades públicas y los gobiernos regionales que tengan a su cargo la ejecución de obras viales por la modalidad de administración directa quedan exceptuados del pago de los derechos previstos en el inciso 9 del artículo 69° de la Ley núm. 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.

La municipalidad puede reservar canteras de extracción específica de materiales de construcción para la ejecución y mantenimiento de las obras públicas de su jurisdicción.

Artículo 4°. – Zona de extracción.

4.1 La ubicación y extensión de la zona de extracción de los materiales de las canteras y

de los materiales que acarrear o depositan las aguas en los álveos o cauces de los ríos se determinan conforme a lo dispuesto por la Ley núm. 29338, Ley de Recursos Hídricos, el Plan de Acondicionamiento Territorial y la normativa establecida por el Ministerio de Energía y Minas según sus competencias.

4.2 La zona de extracción se ubica siguiendo el eje central del cauce del río sin comprometer las riberas ni obras hidráulicas existentes en ellas.

4.3 En el caso de las canteras ubicadas en zonas alejadas de poblaciones o centros poblados o de expansión urbana, se establece la zona de extracción hasta el límite de explotación económica que determine la municipalidad.

4.4 Si la cantera está ubicada en zonas próximas o dentro de la zona urbana o de expansión urbana, debe existir una distancia no menor de cien (100) metros con el límite de la zona de extracción y respetando estrictamente las viviendas o carreteras de acceso más cercanas.

Dichas áreas no pueden ser afectadas ni explotadas bajo ninguna circunstancia.

Artículo 5°. – Causales de suspensión o extinción.

5.1 La municipalidad puede suspender las actividades de extracción o disponer el cambio de ubicación de la zona de extracción si los titulares de los permisos contaminan gravemente las aguas del río, afectan el cauce o sus zonas aledañas o la propiedad o afectan la seguridad de la población.

5.2 Para el caso de las canteras, se suspenden las actividades de extracción cuando las labores:

- a) Contaminan el medio ambiente de la zona de extracción conforme a lo dispuesto por la ley especial sobre la materia.
- b) Afectan la propiedad de personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, entre ellas las comunidades campesinas y nativas, de acuerdo con su normativa; o pongan en riesgo el normal desenvolvimiento de la población.
- c) Impiden la supervisión, fiscalización o control de la municipalidad.

- d) Invaden un área no autorizada o no respetan la cantidad o tipo de extracción de material autorizado.

5.3 La extinción de la autorización se efectúa por las siguientes causales:

- a) Vencimiento del plazo otorgado.
- b) Extracción total del volumen solicitado.
- c) Incumplimiento de las sanciones impuestas por la municipalidad conforme a la presente Ley.

Artículo 6°. – Requisitos.

Las autorizaciones a que se refiere el artículo 1º se otorgan a solicitud de parte adjuntando como mínimo la siguiente información:

- (...)
- g) Para las canteras debe indicarse la ubicación y tamaño aproximado del área donde se realizarán las labores de extracción.
- h) Declaración jurada notarial del solicitante comprometiéndose a la preservación del medio ambiente del área de extracción.
- i) Plan de forestación o reforestación, según sea el caso, de un área de dimensiones

similares a la zona de extracción si se prevé una afectación ambiental.

- j) La aprobación de la Autoridad Nacional del Agua cuando se trate de materiales acarreados y depositados por las aguas en los álveos o cauces de los ríos.”

Artículo 3°. – Incorporación de los artículos 7° y 8° a la Ley núm. 28221

Incorpóranse el artículo 7° y 8° a la Ley núm. 28221, con el siguiente texto:

“Artículo 7°. – Sanciones.

El infractor de lo dispuesto por la presente Ley está obligado a reparar los daños ocasionados o indemnizar a los afectados dentro del plazo o período de suspensión establecido por la municipalidad correspondiente.

Artículo 8°. – Ordenanza sobre la extracción de materiales.

Todas las municipalidades que dentro de su jurisdicción existan canteras sujetas a los alcances de lo dispuesto por la presente Ley, deben emitir las ordenanzas respectivas que reglamenten el derecho por extracción, fijación y cobro del monto

de las tasas, así como los demás aspectos necesarios para la mejor aplicación de la Ley”.

2.2.1.5.3 PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO A SEGUIR PARA OBTENER LA AUTORIZACIÓN DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES UBICADOS EN LOS CAUCES DE LOS RÍOS.

La Ley N° 26737 estableció que la explotación de los materiales que acarrear y depositan las aguas en los álveos o cauces de los ríos debía ser controlada y supervigilada por la Autoridad de Aguas (órgano conocido en la actualidad como Autoridad Nacional de Agua). Dicho control surge por la necesidad de contar con acciones de descolmatación de los ríos para restituir su cauce y respetar las obras hidráulicas y las riberas de éstos. La norma en mención precisó, además, que la Autoridad de Aguas era la entidad competente tanto para el otorgamiento de los permisos de extracción de materiales, sujetos a las condiciones que en éstos se dispongan, así como para el cobro de los derechos correspondientes.

Con posterioridad a ello, se promulga la Ley Orgánica de Municipalidades (en adelante, la “LOM”), la cual determinó, en el numeral 9 de su artículo 69°, que una

de las rentas asignadas a los municipios – sean estos distritales o provinciales (léase gobiernos locales) – son aquellas que se derivan de los derechos de extracción de materiales de construcción ubicados en los álveos y cauces de los ríos, así como de las canteras localizadas en su jurisdicción. La asignación de la recaudación de este derecho en favor de los municipios tuvo su origen en las propuestas discutidas en la Comisión de Gobiernos Locales del Congreso de la República, habida cuenta que en dicho debate se estimó que dichas entidades no contaban con los presupuestos adecuados para satisfacer las necesidades locales de la población.

Si bien la LOM señaló que una de las rentas a percibir por los municipios era el derecho de extracción, no dispuso el procedimiento o trámite a seguir para obtener la autorización respectiva. Es por esta razón que se expide la Ley N° 28221, normativa que establece la obligación del trámite de autorización ante los gobiernos locales y define que los materiales que se depositan en los álveos o cauces de los ríos son los minerales no metálicos que se utilizan para la ejecución de proyectos de construcción; tales como los limos,

arcillas, arenas grava, guijarros, cantos rodados, bloques o bolones, entre otros.

Esta misma norma fijó los requisitos mínimos a exigir en el procedimiento y el límite en la determinación del derecho que correspondía abonar ante los municipios.

No obstante, a que la autorización y la percepción del cobro del derecho se encuentran asignadas a los gobiernos locales, la Autoridad Nacional de Agua (a través de sus dependencias locales) debe intervenir, de manera previa, en el procedimiento para la obtención de la aprobación municipal. Ello obedece a que la Ley de Recursos Hídricos ha precisado que la Autoridad Nacional del Agua es el ente rector y la máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, siendo los materiales que acarrea y deposita el agua en los cauces de los ríos considerados como “bienes asociados al agua”, cuya preservación y conservación compete a dicha entidad estatal.

Tal como lo han previsto el numeral 15 del artículo 9° de la Ley de Recursos Hídricos y el literal d) del artículo 40° del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional de Agua, es necesario obtener una “opinión técnica previa vinculante” ante las

Administraciones Locales del Agua para que, posteriormente, se pueda recurrir al municipio de la jurisdicción con la finalidad de obtener la autorización para la extracción de los materiales de construcción de los cauces o álveos de los ríos. No contar con dicha “opinión” podría conllevar a la declaración de nulidad del acto autoritativo de extracción que haya expedido cualquier gobierno local.

Es así que, mediante la Resolución de Jefatural N° 423-2011-ANA, se aprobaron los lineamientos técnicos para la emisión de la “opinión técnica previa vinculante”; procedimiento que implica la realización de una inspección ocular cuyo objeto es recoger información de campo para identificar y priorizar los posibles sectores de extracción de materiales, respetando para ello que éstos no se encuentren adyacentes a poblaciones, infraestructura productiva, zonas vulnerables y otros que pudieran ser afectados al realizar la explotación.

Para implementar adecuadamente el marco normativo antes señalado, es necesario que el municipio distrital o provincial de la jurisdicción en la cual se vaya a realizar la extracción de los materiales apruebe un procedimiento administrativo específico mediante una

Ordenanza, lo cual generará comprensión cierta en los administrados acerca del resultado que se podrá obtener. Dicha norma deberá ser publicada y sujetarse a los alcances de la Ley N° 28221, comprendiendo los requisitos del trámite, el plazo de vigencia de la autorización, las causales de caducidad, y también las sanciones administrativas derivadas de su incumplimiento. Esto último con la finalidad de habilitar a la autoridad para el ejercicio de su potestad sancionadora sobre aquellas personas que lleven a cabo esta actividad sin autorización. El procedimiento que se haya creado y aprobado deberá incorporarse en el Texto Único de Procedimientos Administrativos (TUPA) de la entidad.

Es relevante que los gobiernos locales, al momento de aprobar la Ordenanza a la cual nos hemos referido, observen de manera estricta el límite al derecho de extracción contemplado en el artículo 3° de la Ley N° 28221, el cual no podrá ser superior al derecho de vigencia que pagan los concesionarios mineros no metálicos. De no respetarse dicho límite en la norma municipal, se configuraría la imposición de una barrera burocrática ilegal, la cual podría ser materia de una denuncia ante el Instituto Nacional de Defensa de la

Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI).

Asimismo, los municipios distritales se encuentran en la obligación de someter a ratificación por parte de los municipios provinciales de su circunscripción la Ordenanza que determina el derecho por la extracción de materiales, caso contrario ésta no podrá ser exigible, tal como lo prevé el tercer párrafo del artículo 40° de la LOM.

Lamentablemente, la realidad enseña que en nuestro país las municipalidades no siguen el trámite, reglas y exigencias antes comentadas, pretendiendo – sin TUPA alguno – cobrar por la extracción, y, más grave aún, sancionar sin un marco normativo punitivo adecuado. Esto debe cambiar.

Finalmente, resulta pertinente referirnos a las Resoluciones del Tribunal Fiscal N° 11246-7-2007 y N° 01716-7-2008, así como a la Sentencia del Tribunal Constitucional recaída en el Expediente N° 24-2008-PI/TC, las cuales han precisado que el derecho que se abona por la extracción de materiales del cauce de los ríos tiene naturaleza tributaria al encontrarse dentro de la categoría de las “tasas”. Respecto a lo anteriormente mencionado, el plazo y el procedimiento para exigir su

devolución por parte de los administrados – en caso se hayan realizado pagos a un gobierno local por un monto superior al límite establecido en la Ley N° 28221- quedarán sujetos a las disposiciones del Código Tributario.

BASE LEGAL.

- Ley N° 28221, Ley que Regula el derecho por extracción de materiales de los álveos o cauces de los ríos por las municipalidades.
- Ley N° 26737, Dispone que la Autoridad de Aguas controle la explotación de materiales que acarrean y depositen las aguas en sus álveos o cauces.
- Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades y Normas complementarias.

2.2.1.6 IMPACTO AMBIENTAL EN LA EXPLOTACIÓN DE CANTERAS.

2.2.1.6.1 PROBLEMÁTICA GENERADA POR TAJOS Y CANTERAS.

La presencia de estas canteras contribuye a incrementar la contaminación dado el proceso de explotación, el incremento de la erosión y, en general, porque afectan la estabilidad de las áreas de explotación. La explotación anti técnica de las canteras, es principalmente la causa que provoca la destrucción de la belleza natural de los cerros, pone en situación de riesgo a los vecinos y genera contaminación ambiental.

Como consecuencia de este tipo de intervención se modifica la topografía, cambia la dinámica hidrológica e hidrogeológica, las napas descienden o se agotan, los torrentes y cañadas se desvían o se secan y, al fin, se crean pequeñas lagunas, lodazales o ciénagas, con diversos efectos sobre las características del sitio en cuestión. Las cavidades así formadas suelen generar abatimientos de los niveles piezométricos de los acuíferos, que a veces se extienden por varios kilómetros, inutilizando pozos y desaguando las barrancas y torrenteras.

En algunos sitios en que los niveles de las napas son más bajos, las canteras pueden volverse puntos de recarga subterránea, incorporándose al flujo subterráneo aguas superficiales contaminadas. De ese modo, pueden inutilizarse los acuíferos vecinos con los consiguientes perjuicios a la población. Parte del agua que escurría superficialmente o fluía bajo tierra pasa a ser recogida en las depresiones de las canteras donde se infiltra o evapora, restando metros cúbicos de agua a los balances hídricos de las micro cuencas. Disminuye el agua disponible, algunas tomas quedan inutilizadas y, más particularmente, se reduce la capacidad de dilución de los cursos de agua, de gran

importancia para disminuir los niveles de contaminación en ríos y arroyos urbanos.

Por otra parte, los desagotes de canteras y tajos pueden movilizar importantes volúmenes de sedimentos en suspensión o diversas sustancias de descarte disueltas en el agua perjudicando la calidad de los cursos inferiores de los ríos. En algunos casos, los montos de materiales de ganga desalojados de las canteras (a menudo mezclados con basuras) pueden ser muy grandes provocando obstrucciones en los acueductos, canales, puentes, redes de drenaje y alcantarillas urbanas.

Las canteras en actividad pueden ser también fuentes de polvo que suele incorporarse en el aire urbano creando condiciones perjudiciales de contaminación atmosférica para la población que vive en sus proximidades. Los aerosoles producidos a partir de las canteras pueden extenderse por varios kilómetros en la dirección de los vientos efectivos. Este fenómeno es particularmente grave en los países áridos o al cabo de largos periodos de sequía en las regiones de lluvias periódicas o estacionales.

2.2.1.6.2 ENFRENTAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA.

Al llevar a cabo el diseño de una cantera en sus fases de apertura y operativa, así como de rehabilitación luego del cese de las operaciones, es importante que se integren todas las medidas y estrategias con las políticas de gestión tanto de las canteras como de las cuencas a las que éstas pertenecen. Se supone que la apertura y operación de las canteras y tajos se inscriben en un marco político – institucional y legal que determina las orientaciones y restricciones que existen en la materia. En Canadá, Estados Unidos, Europa occidental y casi todos los países de América Latina, para obtener una autorización de instalación y operación de una cantera, tajo o mina se requiere realizar un estudio de impacto previo, en función del cual, y teniendo en cuenta otras consideraciones, se otorga o no el permiso.

Una vez abierta la cantera o mina es necesario cumplir con las reglamentaciones existentes que aseguren que la operación de la misma se haga en las mejores condiciones desde el punto de vista de la seguridad, de la salubridad y del ambiente. En América Latina el problema principal en esta primera fase suele ser la inadecuación de los sistemas de autorización y/o

control, que dan lugar a que se autoricen canteras sin estudios ambientales o con estudios insuficientes, que terminan instalándose en lugares inapropiados o riesgosos para la población local.

Una vez que la cantera o tajo cesa sus operaciones los problemas ambientales, sanitarios o de seguridad no se terminan. Muy por el contrario, al disminuir o desaparecer el control de la empresa que se ocupaba de la cantera, el lugar queda sin vigilancia dando lugar a diversos tipos de riesgo para la población local. Para evitar esto es necesario asegurar que los sitios de canteras o tajos sean rehabilitados al terminar la fase operativa.

La rehabilitación es un tema central en muchos países industriales. Desafortunadamente, en la mayor parte de los países de América Latina los procesos de rehabilitación están insuficientemente reglamentados y gran parte de las canteras y tajos abandonados permanecen largo tiempo en esas condiciones sin que se lleve a cabo ningún trabajo de recuperación, con los riesgos ambientales consecuentes.

Para poder iniciar una rehabilitación sistemática de las canteras, tajos y minas antiguas o recientemente

abandonadas se requiere programas específicos que promuevan la recuperación y voluntad política para llevarlos a cabo. El objetivo público de los programas de rehabilitación es que las canteras y tajos desechados se rehabiliten a una condición que sea segura, ambientalmente estable y compatible con las tierras adyacentes.

Se supone que la extracción mineral es un uso pasajero de la tierra y que luego de realizada ésta debe volverse el terreno a una condición estable apropiada para el uso que se pretende darle después de terminada la actividad. El resultado final debe ser coherente con la aptitud del suelo antes de las operaciones y beneficiar a la comunidad.

Los principios básicos de la rehabilitación son:

- Debe constituir parte integral de la operación extractiva.
- Requiere un compromiso similar a las otras fases de la operación.
- Debe seguir un plan bien definido, aunque flexible, con objetivos a corto y largo plazo.

- La superficie debe ser rehabilitada a una forma estable y permanente armonizando con las características de la zona.
- El objetivo a largo plazo debe ser proporcionar una cobertura vegetal permanente, auto sostenible y/o productivo, y durante el proceso de rehabilitación se debe prevenir la erosión acuática y eólica, así como los focos de aguas estancadas o de otro tipo que contengan organismos patógenos y que puedan representar un riesgo sanitario.

A pesar de que cada sitio es único, el logro de este patrón general implica eliminación de taludes y declives pronunciados, regularización de la topografía de fondo y lateral, redistribución de las pilas de derrubios, cobertura de la superficie con suelos vegetales donde corresponda, eliminación y/o desinfección de aguas estancadas y plantación de vegetales apropiados al lugar en cuestión.

Las estrategias públicas deben procurar determinar cómo y donde se instalan las canteras y tajos, controlar su forma de operar y promover u obligar la rehabilitación de los terrenos degradados. Las organizaciones civiles, barriales y locales deben

concienciarse respecto de la gravedad de los impactos que canteras y tajos pueden tener en su calidad de vida y actuar ante las autoridades para que cumplan las reglamentaciones o, si no existen, que se creen.

Solamente la acción combinada de la sociedad civil y los poderes públicos podrá asegurar que la extracción de materiales de construcción proporcione más beneficios que perjuicios a las generaciones actuales y venideras.

La minería es una actividad a corto plazo, pero con efectos a largo plazo. A nadie le cabe duda que cuando se realiza en zonas de bosque constituye una depredación. La minería, junto con la explotación de petróleo, amenaza el 30% de las últimas extensiones de bosques primarios del mundo.

La deforestación no solo afecta el hábitat de cientos de especies (muchas llevadas a la extinción), también afecta el mantenimiento de un flujo constante de agua desde los bosques hacia los demás ecosistemas y centros urbanos.

El enorme consumo de agua que requiere la actividad minera generalmente reduce la napa freática del lugar, llegando a secar pozos de agua y manantiales. El agua

termina contaminada con materiales tóxicos que pueden continuar durante cientos e incluso miles de años.

Las especificaciones de los límites de sustancias perjudiciales en los agregados gruesos a utilizar en la fabricación de concreto se designan según el tipo de agregado, la severidad de la abrasión y otros elementos a los que deben ser expuestos, similares a los del agregado fino.

Los agregados gruesos utilizados en la fabricación de concreto deben estar libres de cantidades excesivas de sustancias como arcilla, carbón y lignito, cenizas y material fino. Los límites permisibles están en función del uso que se le dará al concreto.

El agregado grueso para uso en concreto que estará expuesto con frecuencia al agua, debe estar libre de material que reaccione peligrosamente con los álcalis del cemento.

2.2.2. AGREGADOS.

2.2.2.1 DEFINICIÓN.

Generalmente se entiende por “agregado” a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable. El concreto es

un material compuesto básicamente por agregados y pasta cementicia, elementos de comportamientos bien diferenciados.

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

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto, e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclado y en la durabilidad del concreto endurecido.

Los agregados son materiales inorgánicos naturales o artificiales que están embebidos en los aglomerados (cemento, cal y con el agua forman los concretos y morteros).

Los agregados (también llamados áridos) son materias primas minerales, inertes, que se extraen en canteras, graveras o en los meandros de los ríos. Son arenas, gravas rodadas o trituradas u otros materiales compuestos de partículas de origen pétreo, pueden ser

de diferente forma o tamaño, que son aprovechados como materiales para la construcción. Su valor depende del proceso de extracción y del transporte, por lo que generalmente se busca la cantera más cercana a la obra. Los agregados conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario ya que representan el 70 – 85 % del peso total de concreto, por lo que son responsables de gran parte de las características del mismo. Los agregados son generalmente inertes y estables en sus dimensiones.

El agregado es el material granular, generalmente inerte, resultante de la desintegración natural, desgaste o trituración de rocas, de escorias siderúrgicas convenientemente preparadas para tal fin o de otros materiales suficientemente duros, que permiten obtener partículas de forma y tamaños estables, destinados a ser empleados en el concreto.

Su nombre de agregado nace porque se agregan al cemento y al agua para formar morteros y concretos. Asimismo, son empleados en las bases de las carreteras y la fabricación de productos artificiales resistentes cuando se mezclan con materiales aglomerantes de activación hidráulica o con ligantes asfálticos.

Los agregados están constituidos usualmente por partículas minerales de areniscas, granito, basalto, cuarzo o combinaciones de ellos, y sus características físicas y químicas tienen influencia en prácticamente en todas las propiedades del concreto.

Los agregados son materias primas fundamentales e imprescindibles para el establecimiento, desarrollo y progreso de las sociedades.

La industria del cemento sumada a la piedra y arena utilizadas en la construcción, convierten al sector minero de agregados en la base y fundamento de la industria de la construcción del país.

El agregado tiene un papel determinante en las propiedades del concreto. Interviene en las resistencias mecánicas, la durabilidad, el comportamiento elástico, propiedades térmicas y acústicas, etc. Las propiedades de los agregados influyen en las de concreto, tanto al estado fresco como al endurecido.

Como conceptos de caracterización física de los agregados tenemos:

- **TAMAÑO MÁXIMO:** Corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado.
- **TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO:** Corresponde al menor tamiz en el cual se produce el primer retenido.
- **MÓDULO DE FINEZA:** Criterio establecido en 1925 por Duff Abrams a partir de las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio del material utilizando la siguiente expresión:

$$MF = \frac{\sum \% \text{Acumulados retenidos (1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 Y N°100)}}{100}$$

2.2.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS.

Los agregados pueden clasificarse:

- Por su origen o procedencia.
- Por su composición mineralógica o estructura pétreo.
- Por su tamaño.
- Por su peso específico.
- Por su forma.

2.2.2.2.1 POR SU ORIGEN O PROCEDENCIA.

A. AGREGADOS NATURALES.

Son materiales de cantera procedentes de procesos geológicos en rocas y que debidamente seleccionados pueden ser utilizados con toda confianza en el concreto, siempre que cumplan estos con los requisitos de las normas respectivas en nuestro país. También el agregado natural es aquel que es procedente de un yacimiento mineal, en la orilla de un río o playa, y que son obtenidos solo por procesos mecánicos o de voladura.

Su uso es generalizado. Es importante señalar que la piedra chancada procedente de elementos de mayor tamaño es considerada como agregado natural. De este grupo existen dos tipos: agregado rodado y agregado triturado.

- **AGREGADO RODADO.** También conocido como Canto Rodado, se caracterizan por tener aristas redondas, superficies lisas lo cual les permite que se adapten con facilidad al recipiente que los contiene, de tal manera que son más trabajables y fáciles de colocar en obra.



Figura 2-6 Agregado Rodado.

- **AGREGADO TRITURADO.** Se obtienen en canteras y tras su extracción del macizo rocoso éstos son triturados, se caracterizan por tener aristas angulosas que les permiten tener mayor rozamiento entre sí obteniendo compuestos con mayor resistencia a la compresión.



Figura 2-7 Agregado Triturado.

B. AGREGADOS ARTIFICIALES.

Son aquellos que han sufrido una modificación físico-química, son sub-productos, pueden proceder de suelos arcillosos y arenosos, incineración de residuos urbanos, escorias de procesos siderúrgicos o metalúrgicos, pero reúnen las condiciones para su utilización como agregados. Poco usado en el Perú.



Figura 2-8 Agregado Artificial.

C. AGREGADOS RECICLADOS.

Es una forma de aprovechar los materiales que previamente fueron usados en una construcción, ya que los agregados reciclados son aquellos que resultan del reutilizamiento de los residuos de las construcciones o escombros de las demoliciones u otras estructuras. Pero para que estos materiales puedan ser empleados como agregados deben pasar por un proceso de

selección, tamizado y lavado. Estos agregados son recomendables en la elaboración de productos prefabricados, para realizar pavimentos o cimientos.



Figura 2-9 Agregado Reciclado.

2.2.2.2.2 POR SU COMPOSICIÓN MINERALÓGICA O ESTRUCTURA PÉTREA.

A. AGREGADOS SEDIMENTARIOS.

Son aquellas procedentes de rocas sedimentarias.

Las rocas sedimentarias son las que por consecuencia de fenómenos de alteración, transporte y sedimentación han formado una nueva roca que puede tener las mismas propiedades de la roca madre o haber cambiado sus propiedades físico-químicas debido a los fenómenos sufridos, estas se pueden hallar en las orillas de los ríos, en mares, lagos y valles.

B. AGREGADOS METAMÓRFICOS.

Son aquellos procedentes de rocas metamórficas.

Las rocas metamórficas son aquellas que su composición y textura han sido alteradas por intensas presiones y temperaturas, este proceso ocurre en el estado sólido es decir que las alteraciones que sufre se llevan a cabo sin que la roca llegue a fundirse.

C. AGREGADOS ÍGNEOS.

Son aquellos procedentes de rocas ígneas.

Las rocas ígneas son aquellas que se forman por el enfriamiento y solidificación del magma (roca fundida), son las más empleadas en la construcción ya que poseen mayor resistencia y peso específico que las metamórficas y sedimentarias.

2.2.2.2.3 POR SU TAMAÑO.

A. AGREGADO FINO.

El tamiz que separa un agregado grueso de uno fino es el de 4.75 mm (N° 4). Es decir, todo agregado menor a 4.75 mm es un agregado fino (arena).

La arena o árido fino es el material que resulta de la desintegración natural de las rocas o se obtiene de la trituración de las mismas, y cuyo tamaño es inferior a los 5 mm.

Son las partículas menores a la malla N° 4 (4.75 mm). Se define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9.5 mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana.

El agregado fino puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes.

El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas. Por otro lado, el agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la Norma Técnica Peruana.

El agregado fino es aquel que pasa el cedazo o tamiz N° 4 y es retenido en el cedazo N° 200. Los agregados finos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento.

Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

Para su uso se clasifican las arenas por su tamaño. A tal fin se les hace pasar por unos tamices que van reteniendo los gramos más gruesos y dejan pasar los más finos.

- **ARENA FINA.** Es la que sus granos pasan por un tamiz de mallas de 1 mm de diámetro y son retenidos por otro de 0.25 mm.
- **ARENA MEDIA.** Es aquella cuyos granos pasan por un tamiz de 2.5 mm de diámetro y son retenidos por otro de 1 mm.
- **ARENA GRUESA.** Es la que sus granos pasan por un tamiz de 5 mm de diámetro y son retenidos por otro de 2.5 mm.

Usos en la construcción:

- ✓ **ARENA FINA:** Enlucidos (tarrajeo).
- ✓ **ARENA MEDIA:** No se usa en las obras, es por eso que tampoco es comercial.
- ✓ **ARENA GRUESA:** Mortero (asentar ladrillo), falso piso, contra piso, concreto armado (losas, vigas, columnas).

Las arenas de granos gruesos dan, por lo general, morteros más resistentes que las finas, si bien tienen el

inconveniente de necesitar mucha pasta de conglomerante para rellenar sus huecos y será adherente. En contra partida, el mortero sea plástico, resultando éste muy poroso y poco adherente.



Figura 2-10 Agregado Fino.

Los agregados están constituidos por la arena (fina y gruesa), grava, piedra, etc. La arena es el agregado fino y se vende por metros cúbicos (m^3).

La forma y tamaño de las arenas influyen sobre la resistencia y calidad del concreto. Los granos de superficie áspera y que forman ángulos se adhieren mejor y dan más resistencia que los de superficie lisa y formas redondeadas; pero las primeras necesitan más agua.

El agregado fino o grueso no deberá contener sales solubles totales en porcentaje mayor:

- a) Del 0.015% si se trata de concreto reforzado.

b) Del 0.04 % si se trata de concreto armado.

El agregado de procedencia marina no deberá ser utilizado en concreto armado o pretensado, salvo que haya cuidadosamente lavado con agua que no sea de mar antes de utilizarlo en la preparación del concreto.

Características del un buen agregado fino (arena):

- ✓ Es necesario que la arena no contenga tierra, la tierra se hincha con el agua (la tierra ensucia las manos).
- ✓ Tambien es recomendable que no tenga mica, la mica se desintegra por ser muy blanda (la mica brilla al sol).
- ✓ No debe de ser salada (se puede probar).
- ✓ En general no debe de tener impurezas ni material orgánico (no debe tener olor, ni color negruzco).
- ✓ La arena se debe acumular en montones (evitar mojar la arena antes de su uso).

❖ **GRANULOMETRÍA.**

Los requisitos de la norma ASTM C33, permiten un rango relativamente amplio en la granulometría del agregado fino, pero las especificaciones de otras organizaciones son a veces más limitantes. La

granulometría más conveniente para el agregado fino, depende del tipo de trabajo, de la riqueza de la mezcla, y del tamaño máximo del agregado grueso.

En mezclas más pobres, o cuando se emplean agregados gruesos de tamaño pequeño, la granulometría que más se aproxime al porcentaje máximo que pasa por cada criba resulta lo más conveniente para lograr una buena trabajabilidad.

En general, si la relación agua cemento se mantiene constante y la relación de agregado fino a grueso se elige correctamente, se puede hacer uso de un amplio rango en la granulometría sin tener un efecto apreciable en la resistencia. En ocasiones se obtendrá una economía máxima, ajustando la mezcla del concreto para que encaje con la granulometría de los agregados locales. Entre más uniforme sea la granulometría, mayor será la economía.

La granulometría del agregado fino dentro de los límites de la norma ASTM C33, generalmente es satisfactoria para la mayoría de los concretos. Los límites de la norma ASTM C33 con respecto al tamaño de las cribas se indican a continuación:

TABLA 2-1
LÍMITES DE LA NORMA ASTM C33

TAMAÑO DE LA MALLA	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO
9.52 mm (3/8")	100
4.75 mm (N°4)	95 a 100
2.36 mm (N°8)	80 a 100
1.18 mm (N°16)	50 a 85
0.60 mm (N°30)	25 a 60
0.30 mm (N°50)	10 a 30
0.15 mm (N°100)	2 a 10

Fuente: RIVVA L. Enrique, Naturaleza y Materiales de Concreto, Pág. 180

Estas especificaciones permiten que los porcentajes mínimos (en peso) del material que pasa las mallas de 0.30 mm (N° 50) y de 0.15 mm (N° 100) sean reducidos a 5% y 0%, respectivamente, siempre y cuando:

- El agregado se emplee en un concreto con aire incluido que contenga más de 237 Kg de cemento por metro cúbico y tenga un contenido de aire superior al 3% (con aire incorporado).
- El agregado se emplee en un concreto que contenga más de 296 Kg de cemento por

metro cúbico cuando el concreto tenga inclusión de aire (sin aire incorporado).

- Se use un aditivo mineral aprobado para compensar la deficiencia del material que pase estas dos mallas.

Otros requisitos de la norma ASTM son:

- Que el agregado fino no tenga más del 45% retenido entre dos mallas consecutivas.
- Que el módulo de finura no sea inferior a 2.3 ni superior a 3.1, ni que varíe en más de 0.2 del valor típico de la fuente del abastecimiento del agregado. En el caso de que sobrepase este valor, el agregado fino se deberá rechazar a menos que se hagan los ajustes adecuados en las proporciones del agregado fino y grueso.

Las cantidades de agregado fino que pasan las mallas de 0.30mm (N°50) y de 0.15mm (N°100), afectan la trabajabilidad, la textura superficial y el fluido del concreto. La mayoría de las especificaciones permiten que del 10% al 30% pase por la malla de 0.30mm (N° 50). El límite

inferior puede bastar en condiciones de colado fáciles o cuando el concreto tiene un acabado mecánico, como ocurre en el caso de los pavimentos. Sin embargo, en los pisos de concretos acabados a mano o donde se requiera una textura superficial tersa, se deberá usar un agregado fino que contenga al menos un 15% que pase la malla de 0.30 mm (N° 50) y al menos un 3% que pase la malla de 0.15 mm (N° 100).

El ensayo granulométrico por tamizado en el laboratorio debe tener un error menor a 1% (hasta máximo de 5%), de lo contrario el ensayo debe volver a realizarse.

Para minimizar los errores debemos tener cuidado con la limpieza de los tamices, así como que la muestra no se queda atrapada en el cepillo de limpiado y evitar que se caigan las partículas de la muestra.

El método del tamizado fue el elegido para clasificar las muestras, debido a la facilidad y sencillez con que se realiza.

❖ **MÓDULO DE FINURA.**

El módulo de finura (FM) del agregado fino se obtiene, conforme a la norma ASTM C125, sumando los porcentajes acumulados en peso de los agregados retenidos en una serie especificada de mallas y dividiendo la suma entre 100. Las mallas que se emplean para determinar el módulo de finura son la de 0.15 mm (N° 100), 0.30 mm (N° 50), 0.60 mm (N° 30), 1.18 mm (N°16), 2.36 mm (N° 8), 4.75 mm (N° 4), 9.52 mm (3/8"), 19.05 mm (3/4"), 38.10 mm (1 1/2").

El módulo de finura es un índice de la finura del agregado, entre mayor sea el módulo de finura, más grueso será el agregado. Diferentes granulometrías de agregados pueden tener igual módulo de finura.

El módulo de finura del agregado fino es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto. A continuación, se presenta un ejemplo de la determinación del módulo de finura de un agregado fino con un análisis de mallas supuesto:

TABLA 2-2
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE FINURA DE UN
AGREGADO FINO

TAMAÑO DE LA MALLA	PORCENTAJE DE LA FRACCIÓN INDIVIDUAL RETENIDA, EN PESO	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA, EN PESO	PORCENTAJE ACUMULADO RETENIDO, EN PESO
9.52 mm (3/8")	0	100	0
4.75 mm (N°4)	2	98	2
2.36 mm (N°8)	13	85	15
1.18 mm (N°16)	20	65	35
0.60 mm (N°30)	20	45	55
0.30 mm (N°50)	24	21	79
0.15 mm (N°100)	18	3	97
Charola	3	0	----
Total	100		283
Módulo de finura = 283 / 100 = 2.83			

Fuente: Elaboración propia.

La experiencia indica que las arenas con un módulo de finura (MF) inferior a 2.5 dan concretos con consistencia pegajosa, haciéndolo difícil de compactar. Arenas con un módulo de finura de 3.0 han dado los mejores resultados en cuando a trabajabilidad y resistencia a la compresión.

❖ **DENSIDAD RELATIVA.**

El peso específico (densidad relativa) de un agregado es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Se usa en ciertos cálculos para proporcionamientos de mezclas y control, por ejemplo, en la determinación del volumen absoluto ocupado por el agregado.

Generalmente no se le emplea como índice de calidad del agregado, aunque ciertos agregados porosos que exhiben deterioro acelerado a la congelación – deshielo tengan pesos específicos bajos. La mayoría de los agregados naturales tienen densidades relativas entre 2.4 y 2.9.

- No se debe utilizar la misma curva de calibración para todos los picnómetros de igual capacidad. Cada uno de los picnómetros, aún los de igual capacidad, tienen pesos diferentes; por lo tanto, deberán ser individualmente calibrados.
- Se debe evitar el uso de agua que contenga sólidos disueltos. Es esencial que se use exclusivamente agua destilada o

desmineralizada, para asegurar la continua validez de la curva de calibración.

- Algunos suelos hierven violentamente al someterlo a una presión de aire reducido. En esos casos, es necesario aplicar una reducción gradual de la presión o utilizar un frasco de mayor tamaño.
- La remoción incompleta de aire atrapado en la suspensión del suelo es la causa más importante de error en la determinación de pesos específicos y tenderá a bajar el peso específico calculado.
- Se deberá extraer completamente el aire de la suspensión aplicando vacío o calentando. La ausencia de aire atrapado debe ser verificada como se describió durante el ensayo. Es conveniente destacar que el aire disuelto en el agua no afectará los resultados; por lo tanto, no es necesario aplicar E – 128 – 6 vacío al picnómetro cuando se calibra o se llena hasta la marca de calibración con agua destilada o desmineralizada sin burbujas de aire.

- Una gota de agua puede hacer que se cometa un error de aproximadamente 0.05 g. Este error puede ser minimizado tomando el promedio de varias lecturas a la misma temperatura.
- Cuando la suspensión sea opaca, una luz fuerte detrás del cuello del picnómetro puede ser de gran ayuda para ver la base del menisco.
- El secado de ciertos suelos a 105 °C (221 °F), puede causar la pérdida del agua absorbida y de cristalización; en tales casos, el secado se hará a una temperatura de 60 °C (140 °F) y se recomienda aplicar una presión de vacío más baja.

❖ **CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA ARENA.**

Debido a que los agregados tienen poros conectados a su superficie, el agua es absorbida hacia el interior de las partículas. El agua también puede ser retenida en la superficie de los agregados en forma de una película de humedad. Debido a ello es importante conocer el estado de humedad de los agregados empleados en el concreto.

Si el agregado es capaz de absorber agua, disminuirá la relación agua cemento efectiva y por el contrario si tiene agua presente en su superficie aumentará esta relación. En el primer caso, el concreto perderá trabajabilidad y en el segundo caso disminuirá la resistencia.

Estados de humedad:

- **Seco al horno (OD):** Este estado se logra cuando toda la humedad es removida del agregado cuando es calentado al horno a 105 °C hasta obtener peso constante (generalmente 12 horas). En este estado se considera que todos los poros conectados a la superficie están vacíos.
- **Seco al aire (AD):** En este estado toda la humedad es removida de la superficie, pero los poros están parcialmente llenos de agua.
- **Saturada superficie seca (S.S.S.):** En este estado todos los poros del agregado se hallan llenos de agua, pero no hay agua en la superficie del mismo.

- **Saturado Superficie Húmeda:** En este estado los poros están llenos de agua y hay agua en la superficie del agregado.

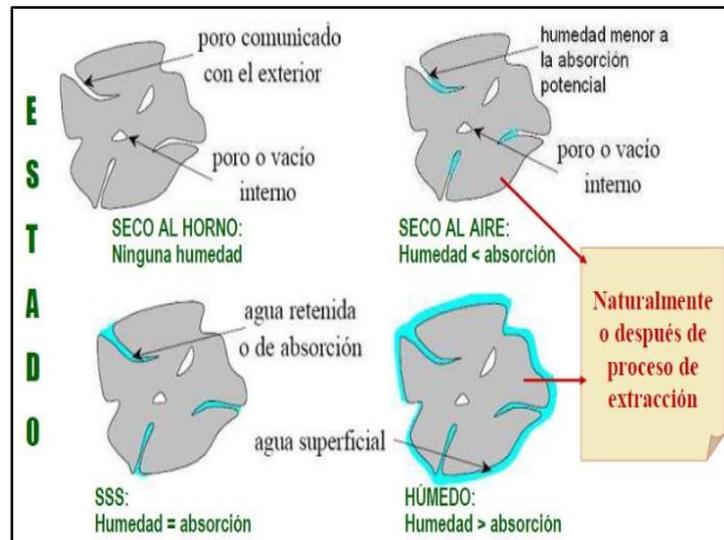


Figura 2-11 Estados de humedad.

❖ PESOS VOLUMÉTRICOS SECOS: SUELTO Y COMPACTADO.

El peso volumétrico (también llamado peso unitario o densidad en masa) de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado. El volumen al que se hace referencia, es ocupado por los agregados y los vacíos entre las partículas de agregado. El peso volumétrico aproximado de un agregado usado en un concreto de peso normal, varía desde aproximadamente 1,200 Kg/m³ a 1,760 Kg/m³.

El contenido de vacíos entre partículas afecta la demanda de mortero en el diseño de la mezcla. Los contenidos de vacíos varían desde aproximadamente 30% a 45% para los agregados gruesos hasta 40% a 50% para el agregado fino. La angularidad aumenta el contenido de vacíos; mayores tamaños de agregado bien graduado y una granulometría mejorada hacen disminuir el contenido de vacíos.

Los métodos para determinar el peso volumétrico de los agregados y el contenido de vacíos, se dan en la norma ASTM C29. Se describen tres métodos para consolidar el agregado en el recipiente, dependiendo del tamaño máximo del agregado: varillado, sacudido y vaciado con pala.

B. AGREGADO GRUESO.

Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de gravas o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 4.75 mm y generalmente entre 9.5 mm y 38 mm.

Los agregados gruesos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres

de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

Se define agregado grueso al retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana.

Las partículas deberán ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

Numerosos estudios han demostrado que para una resistencia a la compresión alta con un elevado contenido de cemento y baja relación agua – cemento el tamaño máximo de agregado debe mantenerse en el mínimo posible (12.7 mm y 9.5 mm). En principio el incremento en la resistencia a medida que disminuye el tamaño máximo del agregado se debe a una reducción en los esfuerzos de adherencia debido al aumento de la superficie específica de las partículas.



Figura 2-12 Agregado Grueso.

El agregado grueso se clasifica por el tamaño de sus granos:

- **LAS GRAVAS:**

- Son aquellas piedras que por efecto natural han perdido su aspereza o ángulos.
- Aquellas que a través del tiempo y las condiciones climáticas se han ido desintegrando y perdiendo sus aristas vivas.
- Piedras redondeadas pulidas por efecto natural en ríos y canteras.

Las gravas se clasifican por su tamaño:

- ✓ **Gravilla:** Las más pequeña, se encuentra entre 5 mm y 10 mm.
- ✓ **Grava Fina:** Su tamaño esta entre los 10 mm y 20 mm.

- ✓ **Grava Media:** Esta entre los 20 mm y los 40 mm.
- ✓ **Grava Gruesa:** Se encuentra entre los 40 mm y 75 mm de tamaño.
- ✓ **Canto Rodado:** Proviene de los ríos, su tamaño va desde los 75 mm a más (mayormente usado en acabados).

Se le conoce comercialmente como:

- Grava Fina: Gravilla de 1/2" (pulgadas).
- Grava Media: Gravilla de 3/4" (pulgadas).
- Grava Gruesa: Gravilla de 1 1/2" hasta 2 (pulgadas)

Usos en la construcción:

- **Gravilla de 1/2 (pulgadas):** Son usadas en las dosificaciones para las columnas, placas, vigas y aligerados.
- **Gravilla de 3/4 (pulgadas):** Son trabajadas en columnas, placas, aligerados y vigas.
- **Gravilla de 1 (pulgadas):** Aplicadas de igual manera que las anteriores y también son usadas en veredas. En algunos casos son usados en sobrecimientos cuando son muy angostos.

- **Gravilla de 1 1/2 hasta 2 (pulgadas):** Suelen usarse en sobrecimientos con armados menos robustos (no son muy comerciales, pero se pueden hacer pedidos a cantera).
- **Canto Rodado:** Se usa en acabados, aunque en la actualidad ya no se usa mucho, ya que son reemplazadas por cerámicos y porcelanatos.

Las Gravas son más económicas que las piedras chancadas, pero no son muy precisas en tamaño como estas. En los armados conviene que sean más pequeñas para tener mayor consistencia y prevenir los vacíos, pero se necesitaría mayor cantidad elevándose los costos en la obra. La aplicación de las gravas varía en tamaño según el tipo de concreto que se vaya a usar.

- **LAS PIEDRAS:**

- Es una sustancia mineral dura y sólida.
- Son aquellas más grandes que las gravas, que dependiendo de su tamaño son usadas o molidas para obtener gravilla artificial.

- La piedra constituye una forma del agregado grueso que interviene en la elaboración del concreto.

Las piedras se clasifican por su forma:

- ✓ **Angulares:** Son mayormente las chancadas en maquinas, posee ángulos muy vivos y afilados, son más adherentes al concreto.
- ✓ **Sub-Angular:** Sus caras poseen evidencia de estar ligeramente pulidas.
- ✓ **Sub-Redondeada:** Se encuentra casi redondeadas y poseen ángulos pulidos.
- ✓ **Redondeada:** Se encuentran en mayor cantidad en los ríos, son aquellas que han perdido todos sus ángulos vivos, siendo menos adherentes.

Las piedras se clasifican por su obtención:

- ✓ **Piedra Grande o Base:** Son las de mayor tamaño encontrado mayormente en las canteras de cielo libre.
- ✓ **Piedra Media:** Al igual que las piedras grandes, estas también se encuentran en canteras al aire libre.

- ✓ **Piedra Chancada:** Obtenido de la trituración artificial de la piedra grande, suele reemplazar a la grava.
- ✓ **Confitillo:** Es lo que sobra del proceso de trituración de la piedra chancada.

Las piedras se clasifican por su tamaño:

- ✓ **Piedra Grande o Base:** Sus tamaños van desde las 10" (pulgadas) hasta tamaños un poco mayores.
- ✓ **Piedra Media:** Estas se encuentran entre las 4" y 6" (pulgadas).
- ✓ **Piedra Chancada:** Se logran en los tamaños comerciales de las gravillas, por ser procesadas.
- ✓ **Confitillo:** Son obtenidos en tamaños de 1.5 cm y 2.5 cm.

Usos en la construcción:

- ✓ **Piedra Grande o Base:** Para elaboración de concreto ciclópeo, son usadas para los cimientos y los cimientos corridos.
- ✓ **Piedra Media:** Estas son usadas en los sobrecimientos.

- ✓ **Piedra Chancada:** Para elaboración de Concreto Armado.
- ✓ **Confitillo:** Se usa mezclado con otras sustancias para la pavimentación de las pistas y también son usados para fabricar ladrillos de techo artesanales.

La piedra no debe de tener arcilla, barro, polvo, ni otras materias extrañas (se deberá lavarla si contiene estos materiales). Deberá ser muy dura y compacta (la piedra que se parte fácilmente es perjudicial al momento de ejecutar la obra). Antes del mezclado, es recomendable humedecerla para limpiarla de polvo y para evitar que absorba agua en exceso.

La piedra grande o ciclópea, se denomina así al agregado grueso que puede ser de río o de cantera, con un tamaño máximo hasta 10" (25 cm) que se emplea tanto en los cimientos corridos, como en los sobrecimientos, constituyendo el concreto ciclópeo. Este tipo de piedra también se le conoce como piedra de zanja. Estas piedras grandes no deberán usarse, en ningún caso en estructuras de concreto armado.

La piedra chancada o triturada es el agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas. Cuyas dimensiones son: 1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3". Las piedras chancadas son más caras, pero sus tamaños son más precisos en la distribución. Las piedras chancadas por tener aristas vivas son más adherentes a las mezclas de concreto. La piedra se vende por metros cúbicos (m³).

❖ **COMPOSICIÓN.**

El agregado grueso estará formado por roca o grava triturada obtenida de las fuentes previamente seleccionadas y analizadas en laboratorio, para certificar su calidad. El tamaño mínimo será de 4,8 mm. El agregado grueso debe ser duro, resistente, limpio y sin recubrimiento de materiales extraños o de polvo, lo cuales, en caso de presentarse, deberán ser eliminados mediante un procedimiento adecuado, como por ejemplo el lavado.

La forma de las partículas más pequeñas del agregado grueso de roca o grava triturada deberá ser generalmente cúbica y deberá estar razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas en todos los tamaños.

❖ GRANULOMETRÍA.

En cuanto al análisis granulométrico del agregado grueso al igual que en el caso de la arena, es deseable que el agregado grueso en conjunto posea cierta continuidad de tamaños en su composición granulométrica; aunque vale decirlo los efectos que la gradación de la grava produce sobre la trabajabilidad de las mezclas de concreto, son mucho menores que los producidos por el agregado fino. Por tal motivo, la granulometría de un agregado grueso, de un tamaño máximo dado, puede variar dentro de un rango relativamente amplio sin producir efectos apreciables en los requerimientos de agua y cemento.

De acuerdo a la Norma ASTM E11 para agregado grueso la serie de tamices a utilizarse son: 6", 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", y N° 4.

El tamaño máximo del agregado grueso que se utiliza en el concreto tiene su fundamento en la economía. Comúnmente se necesita más agua y cemento para agregados de tamaño pequeño que para tamaños mayores.

Los números de tamaño (tamaños de granulometría), para el agregado grueso se aplican a las cantidades de agregado (en peso), en porcentajes que pasan a través de un arreglo de mallas. Para la construcción de vías terrestres, la norma ASTM D 448 en lista los trece números de tamaño de la ASTM C33, más otros seis números de tamaño para agregado grueso. La arena o agregado fino solamente tiene un rango de tamaños de partícula.

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

Por otro lado, el agregado grueso debe estar bien graduado entre los límites fino y grueso y debe llegar a la planta de concreto separado en tamaños normales cuyas granulometrías se indican en la Tabla 2-3.

**TABLA 2-3
PORCENTAJES QUE PASAN POR LAS SIGUIENTES MALLAS**

TAMAÑO NOMINAL	PORCENTAJES QUE PASAN POR LAS SIGUIENTES MALLAS							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8
2"	95-100	-	35-70	-	10-30	-	-	0.5
1 1/2"				-				
1"	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0.5
3/4"	-	100	95-100	-	25-60	-	-	0.1
1/2"	0.5							
3/8"	-	-	100	95-100	-	20-55	-	0.1
	0.5							

Fuente: RIVVA L. Enrique, Naturaleza y Materiales de Concreto, Pág. 197

Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ La granulometría seleccionada será preferentemente continua.
- ✓ La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla.
- ✓ La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 1/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".

❖ TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO.

El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la

mayor parte del agregado. La malla de tamaño máximo nominal, puede retener de 5% a 15% del agregado dependiendo del número de tamaño. Por ejemplo, el agregado de número de tamaño 67 tiene un tamaño máximo de 25 mm y un tamaño máximo nominal de 19 mm. De noventa a cien por ciento de este agregado debe pasar la malla de 19 mm y todas sus partículas deberán pasar la malla 25 mm.

Por lo común el tamaño máximo de las partículas de agregado no debe sobrepasar:

- Un quinto de la dimensión más pequeña del miembro de concreto (1/5 de caras de encofrado).
- Tres cuartos del espaciamiento libre entre barras de refuerzo (3/4 de espaciamiento entre barras de columnas y vigas).
- Un tercio del peralte de las losas.

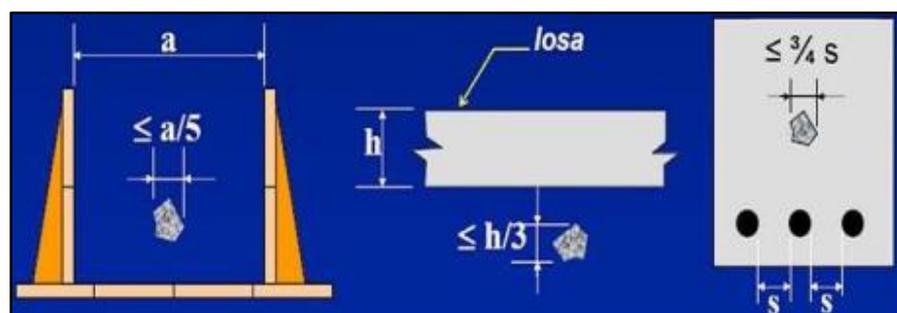


Figura 2-13 Tamaño máximo en algunas estructuras.

Estos requisitos se pueden rebasar si, en opinión del ingeniero, la mezcla tiene la trabajabilidad suficiente para colocar el concreto sin que se formen alveolados ni vacíos.

❖ **DENSIDAD RELATIVA.**

En el caso de los agregados, la determinación que se emplea para evaluar el atributo de su densidad, corresponde a la determinada gravedad específica de masa, que es el cociente resultante de dividir el peso en el aire de cierto volumen de agregados en condición saturada y superficialmente seca, entre el peso en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de aire, a la misma temperatura. En términos locales, el concepto corresponde al de un peso específico relativo, o simplemente peso específico, en condición saturada o superficialmente seca, el cual no tiene unidades puesto que es el cociente de dos magnitudes con unidades iguales.

- **Densidad Absoluta:** La densidad absoluta se define como la relación que existe entre el peso de la masa del material y el volumen que ocupa única y exclusivamente la masa

sólida, ósea que se excluyen todos los poros, saturable y no saturable.

- **Densidad Nominal:** La densidad nominal se define como la relación que existe entre el peso de la masa del material y el volumen que ocupan las partículas de ese material incluidos los poros no saturables.
- **Densidad Aparente:** La densidad aparente está definida como la relación que existe entre el peso de la masa del material y el volumen que ocupan las partículas de ese material incluidos todos los poros saturables y no saturables.

❖ **ABSORCIÓN.**

La absorción de los agregados se determina con el fin de controlar el contenido neto de agua en el concreto y se puedan determinar los pesos correctos de cada mezcla.

❖ **CONTENIDO DE HUMEDAD.**

Es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado. Cuando dicha cantidad se exprese como porcentaje de la muestra seca (en estufa), se denomina porcentaje de humedad,

pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción. Los agregados generalmente se los encuentra húmedos, y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determinar frecuentemente el contenido de humedad, para luego corregir las proporciones de una mezcla.

❖ **CALIDAD DE LOS AGREGADOS.**

La importancia de utilizar el tipo y calidad de los agregados no debe ser subestimada pues los agregados finos y gruesos ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen de concreto, e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclado y en la durabilidad del concreto endurecido.

En la construcción de obras civiles, producto de la mala calidad de los agregados pueden presentarse problemas de humedad o filtraciones en paredes, mayor cantidad de desperdicio de materiales en construcciones, baja resistencia y deterioro prematuro del concreto (ripió, macadán, polvo de piedra, etc.) entre otros problemas derivados.

Los agregados de calidad deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras,

resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta del cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables. Los agregados que contengan cantidades apreciables de esquistos o de otras rocas esquistas, de materiales suaves y porosos, y ciertos tipos de horsteno deberán evitarse en especial, puesto que tiene baja resistencia al intemperismo y pueden ser causa de defectos en la superficie tales como erupciones.

El concreto reciclado, o concreto de desperdicio triturado, es una fuente factible de agregados y una realidad económica donde escaseen agregados de calidad.

2.2.2.2.4 POR SU PESO ESPECÍFICO.

A. AGREGADOS LIGEROS.

Cuando su peso específico de su parte sólida o su densidad es menor que 2.5 g/cm^3 .

B. AGREGADOS NORMALES.

Cuando su peso específico o densidad está comprendido entre 2.5 y 2.75 g/cm^3 .

C. AGREGADOS PESADOS.

Cuando su peso específico o densidad es mayor que 2.75 g/cm^3 .

2.2.2.2.5 POR SU FORMA.

A. AGREGADO ANGULAR.

En geología y en construcción se denomina grava a las rocas de tamaño comprendido entre 2 y 64 mm, aunque no existe homogeneidad de criterio para el límite superior. Pueden ser producidas por el hombre, en cuyo caso suele denominarse piedra partida o chancada, y naturales. En este caso, además, suele suceder que el desgaste natural producido por el movimiento en los lechos de ríos ha generado formas redondeadas, pasando a conocerse como canto rodado. Existen también casos de gravas naturales que no son cantos rodados.

Estos agregados son partículas granulares de material pétreo, es decir, piedras, de tamaño variable. Este material se origina por fragmentación de las distintas rocas de la corteza terrestre, ya sea en forma natural o artificial. En este último caso actúan los procesos de chancado o triturado utilizados en las respectivas plantas de agregados. El material que es procesado

corresponde principalmente a minerales de caliza, granito, dolomita, basalto, arenisca, cuarzo y cuarcita.



Figura 2-14 Agregado grueso Angular.

➤ **APLICACIÓN.**

La grava se usa como agregado en la fabricación de concretos. También como lastre y revestimiento protector en cubiertas planas no transitables, y como filtrante en soleras y drenajes.

➤ **OBTENCIÓN.**

Como fuente de abastecimiento se pueden distinguir las siguientes situaciones:

- **Bancos de Sedimentación:** Son los bancos construidos artificialmente para embancar el material fino – grueso que arrastran los ríos.
- **Cauce de Río:** Corresponde a la extracción desde el lecho del río, en los cuales se encuentra material arrastrado por el escurrimiento de las aguas.

- **Pozos Secos:** Zonas de antiguos rellenos aluviales en valles cercanos a ríos.
- **Canteras:** Es la explotación de los mantos rocosos o formaciones geológicas, donde los materiales se extraen usualmente desde cerros mediante lo que se denomina voladura (rotura mediante explosivos).

➤ **GRANULOMETRÍA.**

Dentro de la clasificación granulométrica de las partículas del suelo, las gravas ocupan el siguiente lugar en la tabla 2-4.

**TABLA 2-4
CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA (GRAVAS)**

CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA	
PARTÍCULA	TAMAÑO
Arcillas	< 0.002mm
Limos	0.002 - 0.06mm
Arenas	0.06 – 2mm
Gravilla	2mm – 6cm
GRAVAS	0.2 – 6cm
Cantos rodados	6 – 25cm
Bloque	< 25cm

Fuente: PASQUEL Enrique, "Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú", Pág. 89.

B. AGREGADO REDONDEADO.

Es el que llamamos “CANTO RODADO”. El canto rodado a pesar de ser muy resistente a la comprensión tiene problemas, que dentro del concreto puede producirse una falla por adherencia, sin embargo, puede usarse en Concreto Armado, si no existe otra posibilidad.

Un canto rodado es un fragmento de roca suelto, susceptible de ser transportado por medios naturales como las corrientes de agua, los corrimientos de tierra, etc.

Un canto rodado adquiere una morfología más o menos redondeada, subredondeada u oblonga, sin aristas y con la superficie lisa, debido al desgaste sufrido por los procesos erosivos, generalmete causados por la corrosión, las corrientes de agua (erosión hídrica) o el viento (erósion eólica).

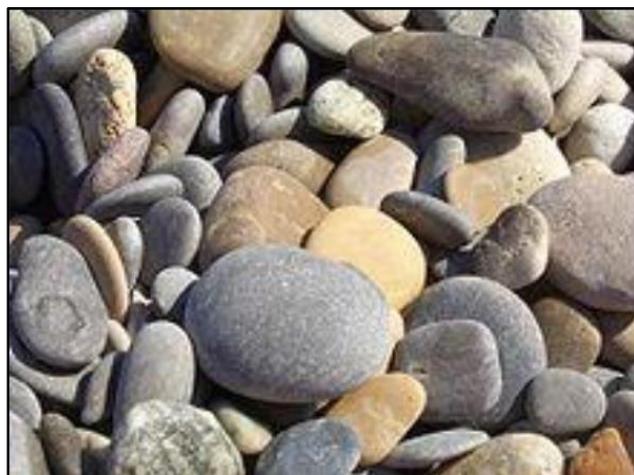


Figura 2-15 Agregado grueso Canto Rodado.

➤ **USOS.**

Se utiliza generalmente en la construcción para hacer revoques. Sus cantos planos son de gran utilidad para el apilamiento de material y su adherencia al concreto o cemento lo hacen muy útiles.

➤ **GRANULOMETRÍA.**

Dentro de la clasificación granulométrica de las partículas del suelo, los cantos rodados ocupan el siguiente lugar en la tabla 2-5.

TABLA 2-5
CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA
(CANTOS RODADOS)

CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA	
PARTÍCULA	TAMAÑO
Arcillas	< 0.002 mm
Limos	0.002 - 0.06 mm
Arenas	0.06 – 2 mm
Gravas	2 mm – 6 cm
CANTOS RODADOS	6 – 25 cm
Bloques	< 25 cm

Fuente: PASQUEL Enrique, “Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú”, Pág. 89.

2.2.2.3 INFLUENCIA DE LOS AGREGADOS EN LA RESISTENCIA EN EL CONCRETO.

A pesar que los agregados son el componente inerte de la mezcla, tiene una gran importancia dentro del concreto, por que constituye un gran porcentaje del volumen de este, respecto a la resistencia del agregado del concreto influyen por:

A. SU TAMAÑO.

Agregados de menor tamaño o igualdad de otro, producirán concreto más resistente, como es el caso de concretos de alta resistencia. Se usa tamaños nominales de máximos de 1/2".

B. SU FORMA.

Los agregados de forma angular son mejores que los agregados redondeados en cuanto a adherencia se refieren, más no en cuanto a su resistencia a la compresión, ya que estos últimos se encuentran en su estado natural obteniendo su forma por el desgaste en el transporte de las aguas de río y los angulares provienen de procesos mecánicos de chancado, los cuales pierden sus propiedades naturales.

C. SU GRANULOMETRÍA.

La graduación o granulometría es un factor de gran importancia para el agregado que va a ser usado en el concreto, lo ideal es que existan granos de todos los tamaños, en cuyo caso decimos que el agregado es bien graduado.

De esta forma las partículas menores ocupan los vacíos que dejan el mayor y el requerimiento de pasta de cemento se vuelve menor.

D. SU LIMPIEZA.

Debe ser limpio, sin contenido de limos, sin arcilla, siendo este, mucho más importante para concreto de mayores resistencias.

2.2.2.4 FUNCIONES DE LOS AGREGADOS.

Los agregados dentro del concreto cumplen principalmente las siguientes funciones:

- ❖ Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.
- ❖ Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.

- ❖ Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

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

Si se fractura una piedra, se reducirá su tamaño y aparecerán nuevas superficies sin haberse modificado el peso total de piedra. Por la misma razón, los agregados de menor tamaño tienen una mayor superficie para lubricar y demandarán mayor cantidad de pasta. En consecuencia, para elaborar concreto es recomendable utilizar el mayor tamaño de agregado compatible con las características de la estructura.

La textura del material, dice que tan lisa o rugosa es la superficie del material es una característica ligada a la absorción pues agregados muy rugosos tienen mayor absorción que los lisos además que producen concretos menos plásticos.

Los agregados finos y gruesos ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso) e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclado y endurecido, tanto en las proporciones de la mezcla como en la economía.

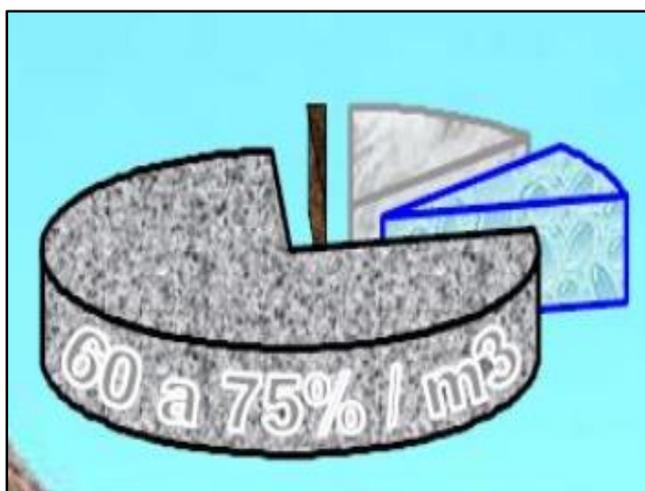


Figura 2-16 Los agregados ocupan de 60% a 75% del volumen del concreto.

Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5 mm. Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de grava o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5 mm y generalmente entre 9.5 mm y 38 mm. Algunos depósitos naturales de

agregado, a veces llamados gravas de mina, río, lago o lecho marino. El agregado triturado se produce triturando roca de cantera, piedra bola, guijarros, o grava de gran tamaño. La escoria de alto horno enfriada al aire y triturada también se utiliza como agregado grueso o fino.

El esqueleto granular está formado por los agregados que son elementos inertes, generalmente más resistentes que la pasta cementicia y además económicos. Por lo tanto, conviene colocar la mayor cantidad posible de agregados para lograr un concreto resistente, que no presente grandes variaciones dimensionales y sea económico. Pero hay un límite en el contenido de agregados gruesos dado por la trabajabilidad del concreto. Si la cantidad de agregados gruesos es excesiva la mezcla se volverá difícil de trabajar y habrá una tendencia de los agregados gruesos a separarse del mortero (segregación). Llegado este caso se suele decir que el concreto es “áspero”, “pedregoso” y “poco dócil”.

En el concreto fresco, es decir recién elaborado y hasta que comience su fraguado, la pasta cementicia tiene la función de lubricar las partículas del agregado, permitiendo la movilidad de la mezcla. En este aspecto también colabora el agregado fino (arena). La arena debe estar presente en una cantidad mínima que permita una

buena trabajabilidad y brinde cohesión a la mezcla. Pero no debe estar en exceso porque perjudicará las resistencias. Se debe optimizar la proporción de cada material de forma tal que se logren las propiedades deseadas al mismo costo.

2.2.2.5 PROPIEDADES DEL AGREGADO.

2.2.2.5.1 PROPIEDADES FÍSICAS.

A. DENSIDAD.

Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario.

Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción.

B. POROSIDAD.

La palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.

C. PESO UNITARIO.

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos.

El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa.

D. PORCENTAJES DE VACÍOS.

Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. Se evalúa usando la siguiente expresión recomendada por ASTM C 29.

$$\% \text{ vacios} = \frac{(SxW - P.U.C.)}{SxW} x 100$$

Donde:

S = Peso específico de masa.

W = Densidad del agua.

P.U.C. = Peso Unitario Compactado seco del agregado.

E. CONTENIDO DE HUMEDAD.

Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla, se expresa de la siguiente forma:

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{Peso Natural} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

2.2.2.5.2 PROPIEDADES RESISTENTES O MECÁNICAS.

A. RESISTENCIA.

La resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; la textura, la estructura y composición de las partículas del agregado influyen sobre la resistencia.

Si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros, consecuentemente serán débiles. La resistencia al chancado o compresión del agregado deberá ser tal que permita la resistencia total del matriz cementante.

B. TENACIDAD.

Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material.

C. DUREZA.

Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión, abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes.

Entre las rocas a emplear en concretos éstas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión y pueden ser el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silíceas.

D. MÓDULO DE ELASTICIDAD.

Es definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia del material a las deformaciones.

El módulo elástico se determina en muy inusual su determinación en los agregados sin embargo el concreto experimentará deformaciones por lo que es razonable intuir que los agregados también deben tener elasticidades acordes al tipo de concreto.

El valor del módulo de elasticidad además influye en el escurrimiento plástico y las contracciones que puedan presentarse.

2.2.2.5.3 PROPIEDADES TÉRMICAS.

A. COEFICIENTE DE EXPANSIÓN.

Cuantifica la capacidad de aumento de dimensiones de los agregados en función de la temperatura, depende mucho de la composición y estructura interna de las rocas y varía significativamente entre los diversos tipos de roca.

En los agregados secos es alrededor de un 10 % mayor que en estado parcialmente saturado. Los valores oscilan normalmente entre 0.9×10^{-6} a $8.9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$.

B. CALOR ESPECÍFICO.

Es la cantidad de calor necesaria para incrementar en un grado centígrado la temperatura. No varía mucho en los diversos tipos de roca salvo en el caso de agregados muy ligeros y porosos.

C. CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.

Es la mayor o menos facilidad para conducir el calor. Está influenciada básicamente por la porosidad siendo su rango de variación relativamente estrecho. Los valores usuales en los agregados son de 1.1 a 2.7 BTU/pie.hr.°F.

D. DIFUSIVIDAD.

Representa la velocidad con que se pueden producir cambios térmicos dentro de una masa.

Se expresa como el cociente de dividir la conductividad entre el producto de calor específico por la densidad.

2.2.2.5.4 PROPIEDADES QUÍMICAS.

A. REACCIÓN ÁLCALI - SÍLICE.

Los álcalis en el cemento están constituidos por el óxido de sodio y de potasio quienes en condiciones de temperatura y humedad pueden reaccionar con ciertos minerales, produciendo un gel expansivo Normalmente para que se produzca esta reacción es necesario contenidos de álcalis del orden del 0.6% temperaturas ambientes de 30 °C y humedades relativas de 80% y un tiempo de 5 años para que se evidencie la reacción.

B. REACCIÓN ÁLCALI – CARBONATOS.

Se produce por reacción de los carbonatos presentes en los agregados generando sustancias expansivas, en el Perú no existen evidencias de este tipo de reacción.

2.2.2.6 USOS DE LOS AGREGADOS EN LA INGENIERÍA CIVIL.

La aplicación que tenga el agregado depende mucho de sus propiedades físico- químicas, sus características

geológicas, litológicas, su resistencia frente a cargas y vibraciones, por lo cual el agregado debe ser un material barato y abundante, y que su lugar de extracción se encuentre cercano a los centros de consumo.

A continuación, se presenta un listado de las principales aplicaciones de los agregados en las obras civiles:

- **Construcción de Vías:** Construcción de puentes, carreteras, autopistas y calles. Con agregados se construye, desde las capas de base y de sub-base, hasta lo que se conoce como asfalto, que es en realidad una mezcla de áridos y derivados del petróleo.
- **Construcciones de Muros y Paredes:** Las paredes de ladrillos o de bloques prefabricados se construyen uniendo estos elementos con mortero: un metro cúbico de mortero contiene 1.3 toneladas de áridos. También se emplea el mortero para revestimientos o revoques.
- **Concreto:** Es una mezcla de agregados, cemento y agua, además de algún aditivo. Para la fabricación de un metro cúbico de concreto son necesarias entre 1.8 y 1.9 toneladas de

agregados. Se emplea en elementos estructurales como cimientos, pilares y vigas de los edificios, para elementos prefabricados, como bordillos, adoquines, tuberías y bloques, o como pavimento.

- **Balasto:** Formado por agregados de alta resistencia sobre los que se apoyan las traviesas de las vías de ferrocarril. Por otra parte, las propias traviesas son, a menudo, de concreto prefabricado.
- **Escollera:** Es un agregado de grandes dimensiones, incluso de más de un metro y varias toneladas de peso, que se emplea en los puertos en márgenes de los ríos e incluso en carreteras y otras infraestructuras, como elemento de protección y de contención (de las aguas o del terreno).
- **Rellenos:** Los agregados pueden utilizarse como material de relleno en obras de construcción, en los rellenos se emplea más el cascajo.

2.2.2.7 NORMAS Y REQUISITOS DE AGREGADOS PARA EL CONCRETO.

2.2.2.7.1 REQUISITOS OBLIGATORIOS.

- ✓ Los agregados empleados en la preparación de los concretos de peso normal (2200 a 2500 kg/m³) deberán cumplir con los requisitos de la NTP 400.037 o de la Norma ASTM C 33, así como los de las especificaciones del proyecto.
- ✓ Los agregados finos y gruesos deberán ser manejados como materiales independientes. Si se emplea con autorización del Proyectista, el agregado integral denominado “hormigon” deberá cumplir como lo indica la Norma E.060.
- ✓ Los agregados seleccionados deberán ser procesados, transportados, manipulados, almacenados y dosificados de manera tal de garantizar:
 - Que la pérdida de finos sea mínima.
 - Se mantendrá la uniformidad del agregado.
 - No se producirá contaminación con sustancias extrañas.
 - No se producirá rotura o segregación importante en ellos.
- ✓ Los agregados expuestos a la acción de los rayos solares deberán, si es necesario, enfriarse antes de su utilización en la mezcladora.

Si el enfriamiento se efectúa por aspersion de agua o riego, se deberá considerar la cantidad de humedad añadida al agregado a fin de corregir el contenido de agua de la mezcla y mantener la relación agua – cemento de diseño seleccionada.

A. GRANULOMETRÍA.

La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices (norma ASTM C136). El tamaño de partícula del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre aberturas cuadradas. Los siete tamices estándar ASTM C 33 para agregado fino tiene aberturas que varían desde la malla N° 100 (150 micras) hasta 9.52 mm.

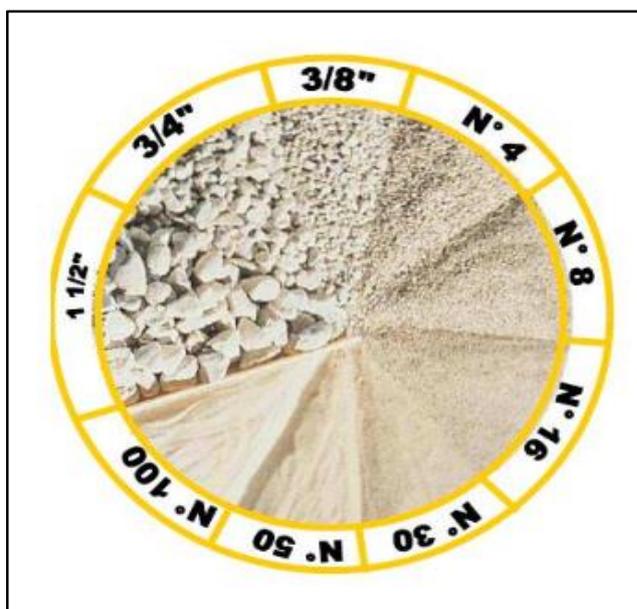


Figura 2-17 Tamices estándar ASTM C 33 para agregado fino.

Los agregados finos y gruesos según la norma ASTM C-33, y NTP 400.037 deberán cumplir con las gradaciones establecidas en la NTP 400.012, respectivamente, indicados en la Tabla 2-6.

Nota: Se permite el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá concretos con la calidad requerida. Además del tamaño máximo también es importante que la cantidad de granos de menor tamaño esté bien balanceada en la composición total del agregado.

TABLA 2-6
REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS PARA EL AGREGADO GRUESO

Tamaño Nominal	Tabla: Requisitos granulométricos para el agregado grueso (% Pasa por los tamices normalizados)												
	100mm (4")	90m m (3	75m m (3")	63m m (2 1/2")	50mm (2")	7.5mm (1 1/2")	25m m (1")	19mm (3/4")	12.5m m (1/2")	9.5m m (3/8")	4.75m m (N° 4	2.36m m (N° 8	1.18mm (N° 16)
90mm a 37.5mm (3 1/2" a 1 1/2")	100	90 a 10	-	25 a 60	--	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
63mm a 37.5mm (2 1/2" a 1 1/2")	--	--	100	90 a 100	35 a 75	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
50mm a 25mm (2" a 1")	--	--	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--
50mm a 4.75mm (2" a N° 4)	--	--	-	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 3	--	0 a 5	--	--
37.5mm a 19mm (1 1/2" a 3/4")	--	--	-	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--
37.5mm a 4.75mm (1 1/2" a N° 4)	--	--	-	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 3	0 a 5	--	--
25mm a 12.5mm (1" a 1/2")	--	--	-	--	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 1	0 a 5	--	--	--
25mm a 9.5mm (1" a 3/8")	--	--	-	--	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 4	0 a 1	0 a 5	--	--
25mm a 4.75mm (1" a N° 4)	--	--	-	--	-	100	95 a 100	--	25 a 6	--	0 a 1	0 a 5	--
19mm a 9.5mm (3/4" a 3/8")	--	--	-	--	-	--	100	90 a 100	20 a 5	0 a 1	0 a 5	--	--
19mm a 4.75mm (3/4" a N° 4)	--	--	-	--	-	--	100	90 a 100	--	20 a 5	0 a 1	0 a 5	--
12.5mm a 4.75mm (1/2" a N° 4)	--	--	-	--	-	--	--	100	90 a 100	40 a 7	0 a 1	0 a 5	--
9.5mm a 2.38mm (3/8" a N° 8)	--	--	-	--	-	--	--	--	100	85 a 100	10 a 3	0 a 1	0 a 5

Fuente: PASQUEL Enrique, "Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú", Pág. 152.

TABLA 2-7
REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS PARA EL AGREGADO FINO

TAMIZ	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS PARA EL AGREGADO FINO			
	LÍMITES TOTALES	% PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS		
		C	M	F
9.5mm (3/8")	100	100	100	100
4.75mm (Nº 4)	89 - 100	95 - 100	85 - 100	89 - 100
2.38mm (Nº 8)	65 - 100	80 - 100	65 - 100	80 - 100
1.20mm (Nº 16)	45 - 100	50 - 85	45 - 100	70 - 100
0.60mm (Nº 30)	25 - 100	25 - 60	25 - 80	55 - 100
0.30mm (Nº 50)	5 - 70	10 - 30	5 - 48	5 - 70
0.15mm (Nº 100)	0 - 12	2 - 10	0 - 12*	0 - 12*

Fuente: PASQUEL Enrique, "Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú", Pág. 91.

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

B. SUSTANCIAS DAÑINAS.

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

TABLA 2-8
SUSTANCIAS DAÑINAS

DESCRIPCIÓN	AGREGADOS	
	FINO	GRUESO
Partículas deleznable	3%	5%
Material más fino que el tamiz N° 200	5%	1%
Carbón y Lignito	0.5	0.50%

Fuente: A.C.I. Capítulo peruano, "Tecnología del Concreto" Pág. 34

C. CONTENIDOS DE FINOS.

El contenido de finos o polvo no se refiere al contenido de arena fina ni a la cantidad de piedras de tamaño menor, sino a la suciedad que presentan los agregados (tamaños inferiores a 0.075 mm).

El contenido de finos es importante por dos aspectos:

- A mayor suciedad habrá mayor demanda de agua, ya que aumenta la superficie a mojar y por lo tanto también aumentará el contenido de cemento si se quiere mantener constancia la relación agua / cemento.
- Si el polvo está finalmente adherido a los agregados, impide una buena unión con la pasta y por lo tanto la interface mortero – agregado será una zona débil por donde se puede originar la rotura del concreto.

D. MATERIA ORGÁNICA.

El agregado fino que no demuestre presencia nociva de materia orgánica cuando se determine conforme el ensayo colorimétrico (Impurezas Orgánicas) de carácter cualitativo, se deberá considerar satisfactorio. Mientras que el agregado fino que no cumpla con el ensayo anterior, podrá ser usado si al determinarse impurezas orgánicas, la resistencia a compresión medida a los 7 días no es menor de 95%.

2.2.2.7.2 REQUISITOS COMPLEMENTARIOS.

Los agregados que serán utilizados en concretos de $f'c=210$ Kg/cm² de resistencia de diseño y mayores, así como los utilizados en pavimentos deberán cumplir además de los requisitos obligatorios, los siguientes:

A. EL ÍNDICE DE ESPESOR.

Índice de espesor del agregado grueso no será mayor de 50 en el caso de agregado natural de 35 para grava triturada. Es conocido que los agregados de forma plana, es decir con dos dimensiones preponderantes, originan concretos difícilmente trabajables y de baja compacidad. La norma establece una relación de límite entre el grosor (G) y el espesor (E).

B. RESISTENCIA MECÁNICA.

La resistencia mecánica del agregado, determinada conforme a la norma NTP correspondiente, será tal que los valores de abrasión sea 50% y de impacto 30%.

La especificación de forma, nueva en nuestro medio, recoge los estudios realizados en Estados Unidos y en Europa (donde ésta característica es normalizada), confrontando además la experiencia nacional.

C. GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO.

Deberá corresponder a la gradación “C” de la tabla, se permitirá el uso de agregado que no cumpla con la gradación siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes que aseguren que el material producirá concreto de la calidad requerida.

D. DURABILIDAD DEL AGREGADO.

El agregado utilizado en concreto y sujeto a la acción de las heladas deberá cumplir además de los requisitos obligatorios, el requisito de resistencia a la desintegración, por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

2.2.2.7.3 NORMAS TÉCNICAS PERUANAS.

➤ NTP 400.024:2011

Establece un método de ensayo que cubre los procedimientos 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.

➤ **NTP 400.012:2013**

Establece el método para la determinación de la distribución por tamaños de partículas del agregado fino, grueso, y global por tamizado. Los valores SI deben ser considerados como estándares.

➤ **NTP 400.021:2002**

Establece un procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado grueso.

➤ **NTP 339.146:2000**

Este método de ensayo se propone servir como una prueba de correlación rápida de campo. El propósito de este método es indicar, bajo condiciones estándar, las proporciones relativas de suelos arcillosos o finos plásticos y polvo en suelos granulares y agregados finos que pasan por el tamiz

N° 4 (4.75 mm). El término equivalente de arena expresa el concepto de que la mayor parte de los suelos granulares y agregados finos son mezclas de partículas gruesas deseables, arena y generalmente arcillas o finos plásticos y polvo, indeseables.

TABLA 2-9
NORMAS TÉCNICAS PERUANAS ACERCA DE LOS AGREGADOS

MÉTODOS DE ENSAYO	
NORMA	DESCRIPCIÓN
NTP 400.010	Extracción y preparación de las muestras
NTP 400.011	Definiciones y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos.
NTP 400.012	Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
NTP 400.013	Cambiado por NTP 400.024.
NTP 400.014	Método de ensayo para determinar cualitativamente los cloruros y sulfatos
NTP 400.015	Método de ensayo para determinar los terrones de arcilla y las partículas friables en el agregado.
NTP 400.016	Determinación de la inalterabilidad de los agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.
NTP 400.017	Método de ensayo para determinar el Peso Unitario del agregado.
NTP 400.018	Determinación del material que pasa por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200).
NTP 400.019	Determinación de la Resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño medio por medio de la máquina de Los Angeles.
NTP 400.020	Determinación de la Resistencia al desgaste en agregados gruesos de gran tamaño por medio de la máquina de los Angeles.
NTP 400.021	Método de ensayo para determinar el peso específico y absorción del agregado grueso.
NTP 400.022	Método de ensayo para determinar el peso específico y absorción del agregado fino.
NTP 400.023	Método de ensayo para determinar la cantidad de Partículas livianas en el agregado.

NTP 400.024	Método de ensayo para determinar cualitativamente las impurezas orgánicas en el agregado fino para el concreto.
NTP 400.037	Requisitos.
NTP 400.038	Determinación del valor del impacto en el Agregado grueso (VIA).
NTP 400.039	Índice de alargamiento del agregado grueso.
NTP 400.040	Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.
NTP 400.041	Índice de Espesor del agregado Grueso.
NTP 400.067	Reactividad alcalina potencial de combinaciones cemento – agregado (Método de la barra de mortero).

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3. MATERIALES PARA BASE Y SUB BASE.

2.2.3.1. DEFINICIÓN.

Una carpeta ya sea rígida o flexible, cuando se coloca directamente sobre el terreno nos prestará un buen servicio, en caso de que el suelo reúna las condiciones ideales. Cuando no reúne las características adecuadas, se puede mejorar con una base o bien una base y una sub base, entre el terreno y la superficie de trabajo.

2.2.3.2. LAS FUNCIONES DE LA SUB BASE.

El espesor de la base y sub-base en una carretera depende del volumen de tráfico que vaya a soportar y del sistema de pavimento que se quiera utilizar, esto se refiere a si se trata de Pavimento Rígido o Pavimento Flexible.

Como la calidad es inferior a la de la base, la capa de sub base tiene también un efecto en la economía de la obra; sin embargo, esta capa no necesariamente se considera en todos los diseños de un pavimento flexible, sino más bien solo en aquella cuya estructura es grande por la importancia de la obra.

Cumple una cuestión de economía ya que nos ahorra dinero al poder transformar un cierto espesor de la capa de base a un espesor equivalente de material de sub base (no siempre se emplea en el pavimento), impide que el agua de las terracerías ascienda por capilaridad y evita que el pavimento sea absorbido por la sub rasante. Deberá transmitir en forma adecuada los esfuerzos a las terracerías.

Sus funciones son:

- Facilitar el drenaje de aguas lluvia y evitar el ascenso capilar de aguas subterráneas siempre que carezca de materiales finos.
- Evitar que los finos de la Sub Rasante contaminen la base o capa de rodadura.
- Suministrar a la base o capa de rodadura un cimiento uniforme.

2.2.3.2.1 MATERIALES PARA SUB BASE.

Son materiales granulares, que se colocan sobre la subrasante, para formar una capa de apoyo para la base de pavimentos asfálticos.

Se emplean arenas, gravas y limos, así como las rocas alteradas y fragmentadas, que al extraerlos queden sueltos o puedan disgregarse mediante el empleo de maquinaria.

Según el tratamiento pueden ser:

- Materiales Naturales.
- Materiales Cribados.
- Materiales parcialmente triturados.
- Materiales totalmente triturados.
- Materiales Mezclados.

a) MATERIALES NATURALES.

Las arenas, gravas, limos y rocas muy alteradas que al extraerlos queden sueltos o se disgreguen usando maquinarias y no contendrán más de 5% de partículas mayores de 75 cm. ni más del 25% de material que pasen la malla N° 200 (0.075mm).

b) MATERIALES CRIBADOS.

Se consideran arenas gravas, limos y rocas alteradas y fragmentadas para hacerlos utilizables requieren de un tratamiento de cribado para satisfacer la composición granulométrica.

c) MATERIALES PARCIALMENTE TRITURADOS.

Son los pocos o nada cohesivos, como mezclas de gravas, arenas y limos, que al extraerlos quedan sueltos o pueden ser disgregados, con el equipo adecuado, para satisfacer la composición granulométrica.

d) MATERIALES TOTALMENTE TRITURADOS.

Aquellos extraídos de un banco o pepenados que requieren de trituración total y cribado.

e) MATERIALES MEZCLADOS.

Son mezcla de dos o más materiales en las proporciones necesarias para satisfacer la norma.

2.2.3.2.2 REQUERIMIENTOS GRANULOMÉTRICOS PARA SUB BASE GRANULAR.

TABLA 2-10
REQUERIMIENTOS GRANULOMÉTRICOS
PARA SUB-BASE GRANULAR

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	—	—
25 mm (1")	—	75 - 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4.75 mm (Nº 4)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
2.0 mm (Nº 10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
4.25 µm (Nº 40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 µm (Nº 200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

Fuente: ASTM D 1241

(1) La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 m.s.n.m.

(1) La curva granulométrica SB-3 deberá usarse en zonas con altitud mayor de 3 500 m.s.n.m.

(2) Sólo aplicable a SB - 1.

Además, el material también deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad indicados en la tabla 2-11.

TABLA 2-11
REQUERIMIENTOS DE ENSAYOS ESPECIALES

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 msnm	> 3000 msnm
Abrasión	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx	50 % máx
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín	40 % mín
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx	25% máx
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	6% máx	4% máx
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín	35 % mín
Sales Solubles	MTC E 219	—	—	1% máx	1% máx
Partículas Chatas y Alargadas (2)	MTC E 211	D 4791	—	20% máx	20% máx

Fuente: ASTM D 1241

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1" (2.5 mm).

(2) La relación ha emplearse para la determinación es 1/3 (espesor / longitud).

2.2.3.3. LA FUNCIÓN DE LA BASE.

Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento.

Regularmente esta capa además de compactación necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además de transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores.

El valor cementante en una base es indispensable para proporcionar una sustentación adecuada a las carpetas asfálticas delgadas.

En caso contrario, cuando las bases se construyen con materiales inertes y se comienza a transitar por la carretera, los vehículos provocan deformaciones transversales y longitudinales.

Su función de la capa base es facilitar el drenaje de aguas lluvias y evitar el ascenso capilar de aguas subterráneas. En el caso de la granulometría, no es estrictamente necesario que los granos tengan una forma semejante a la que marcan las fronteras de las zonas, siendo de mayor importancia que el material tenga un VRS (valor relativo de soporte) y una plasticidad mínima; además se recomienda no compactar materiales en las bases que tengan una humedad igual o mayor que su límite plástico.

2.2.3.3.1 MATERIALES PARA BASE.

Los materiales que se utilicen para la construcción de bases cumplirán con lo establecido en las normas, salvo que el proyecto indique otra cosa, los materiales pétreos procederán de los bancos indicados en el proyecto.

2.2.3.4. ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADOS.

A su llegada al laboratorio, las muestras deben ser preparadas para someterlas a diferentes ensayos de calidad de agregados.

Dependiendo de la función que van cumplir como parte de la estructura del pavimento se las prepara para los siguientes ensayos:

TABLA 2-12
ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADOS

ENSAYOS	SUB BASE	BASE GRANULAR	AFIRMADO	ASFALTO	
				PIEDRA	ARENA
Análisis Granulométrico por Tamizado	√	√	√	√	√
Límites de Consistencia	√	√	√		N° 40 y 200
Equivalente de Arena	√	√	√		√
Peso específico y Absorción				√	√
Peso unitario suelto				√	√
Peso unitario varillado				√	√

Abrasión	√	√	√	√	
Proctor Modificado	√	√	√		
CBR	√	√	√		
Porcentaje de caras fracturadas	√	√		√	
Porcentaje de partículas chatas y alargadas	√	√		√	
Contenido de impurezas orgánicas	√	√			√
Contenido de sales solubles totales	√	√	√	√	√
Adherencia (entre mallas N° 3/8" y 1/4")				√	
Riedel Weber (según norma a emplear)					√
Durabilidad				√	√

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería Manual de Laboratorio de Ensayos para Pavimentos Facultad de Ingeniería Civil Volumen I.

2.2.3.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS.

Para verificar la calidad de un determinado banco de materiales, estos deben ser sometidos a ensayos de suelos, debiendo cumplir con las especificaciones técnicas siguientes:

TABLA 2-13
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA MATERIALES EMPLEADOS
EN CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

ENSAYO	AFIR MAD O	SUB BASE GRANULAR		BASE GRANULAR			
		<3000 msnm	≥3000 msnm	<3000 msnm		≥3000 msnm	
				AGRE GADO GRUE SO	AGRE GADO FINO	AGRE GADO GRUE SO	AGRE GADO FINO
Límitte Líquido (%) ASTM D-4318	35 % máx.	25 % máx.	25 % máx.				
Indice Pástico (%)	4 a 9	6 % máx.	4 % máx.		4 % máx.		2 % máx.
Abrasión (%) ASTM C-131	50 % máx.	50 % máx.	50 % máx.	40 % máx.		40 % máx.	
Equivalente de arena (%) ASTM D- 2419	20 % mln.	25 % mln.	35 % mln.		35 % mln.		45 % mln.
CBR al 100% de la M.D.S. y 0.1" de penetración ASTM D-1883	40 % mín.	40 % mín.	40 % mín.				
Pérdida con Sulfato de Sodio (%)						12 % máx.	
Pérdida con Sulfato de Magnesio (%)						18 % máx.	
Indice de Durabilidad					35 % mln.		35 % mln.
Caras de fractura (%) 1 cara fracturada 2 caras fracturadas				80 % mín. 40 % mín.		80 % mín. 50 % mín.	
Partículas chatas y alargadas (%) Relación 1/3 (espesor/longitud) ASTM D-4791		20 % máx.	20 % máx.	15 % máx.		15 % máx.	
Sales Solubles Totales (%)		1 % máx.	1 % máx.	0.5 % máx.	0.5 % máx.	0.5 % máx.	0.5 % máx.
Contenido de impurezas orgánicas (%)							

Fuente: Especificaciones Técnicas para Construcción de Carreteras EG-2000, Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Vivienda y Construcción, Oficina de Control de Calidad

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

2.3.1. EVALUACIÓN.

Proceso que tiene como finalidad determinar el grado de eficacia y eficiencia, con que han sido empleados los recursos destinados a alcanzar los objetivos previstos, posibilitando la determinación de las desviaciones y la adopción de medidas correctivas que garanticen el cumplimiento adecuado de las metas presupuestadas.

La evaluación se define como el proceso mediante el cual se intenta determinar el valor de una cosa o persona o el grado de cumplimiento de determinados objetivos.

2.3.2. CALIDAD.

Según el Organismo Internacional de Normalización (International Standard Organization: ISO) mediante la norma ISO 9000:2005 define este concepto como “Calidad: grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”.

Consiste en cumplir con los requerimientos o especificaciones del diseño, a través de la comparación de estándares para lograr la satisfacción plena del cliente.

2.3.3. CALIDAD DE LOS AGREGADOS.

La importancia de utilizar el tipo y calidad de los agregados no debe ser subestimada pues los agregados finos y gruesos

ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen de concreto, e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclado y en la durabilidad del concreto endurecido.

En la construcción de obras civiles, producto de la mala calidad de los agregados pueden presentarse problemas de humedad o filtraciones en paredes, mayor cantidad de desperdicio de materiales en construcciones, baja resistencia y deterioro prematuro del concreto entre otros problemas derivados.

La NTP establece los requisitos que deben cumplir los agregados utilizados para el concreto, y especifica los ensayos considerados obligatorios destinados para control y recepción. El agregado debe estar libre de cantidades dañinas de impurezas orgánicas. Los agregados sometidos al ensayo para estimar las impurezas orgánicas según la NTP que produzcan un color más oscuro que el color patrón, deben ser rechazados.

2.3.4. AGLOMERANTE.

Llamamos aglomerante a un material que se emplea para unir otros materiales. Los aglomerantes utilizados en la construcción son materiales que, una vez mezclados con agua, tienen la propiedad de endurecerse (fragua), por lo que son muy usados en las obras para formar parte de estructuras, unir materiales cerámicos, enlucir exteriores. Su

materia prima son las arenas y las gravas que se usan, sobre todo fragmentados para generar este tipo de materiales tan usados en construcción: el yeso, el cemento y la cal.

2.3.5. ENSAYO DE MATERIALES.

Se denomina ensayo de materiales a toda prueba cuyo fin es determinar las propiedades mecánicas de un material, producto, conjunto de observaciones, etc., que sirven para formar un juicio sobre dichas características o propiedades. Se intenta de esta manera simular las condiciones a las que va a estar expuesto un material cuando entre en funcionamiento o en servicio.

2.3.6. ENSAYO GRANULOMÉTRICO.

Consiste en el empleo de una serie normalizada de tamices ordenados de mayor luz a menor, luego los resultados obtenidos son representados gráficamente (% de agregado que pasa vs el diámetro de abertura del tamiz), en esta gráfica es conocida como curva granulométrica.

2.3.7. CEDAZO.

Instrumento que sirve para cernir cualquier tipo de polvo, gránulos u otros como arena, yeso, etc. también conocido como tamiz.

El tamiz es una malla metálica constituida por barras tejidas y que dejan un espacio entre sí por donde se hace pasar el material triturado.

2.3.8. HORMIGÓN.

Mezcla natural de Agregado Fino y Agregado Grueso. La granulometría del hormigón consiste en la distribución del tamaño de sus partículas. Y esta se determina haciendo pasar una muestra representativa de hormigón por una serie de tamices ordenados de mayor a menor.

Debemos agregar que en nuestro país el agregado de uso común para el método del concreto de baja resistencia es el agregado denominado “hormigón”, que es una mezcla en el estado natural del agregado fino y agregado grueso.

2.3.9. RIPIO.

Se denomina ripio al relleno de cascajo, casquijo o grava utilizado para pavimentar carreteras y caminos para hacerlos más transitables. Al ser más permeable, este tipo de caminos dan una mayor transitabilidad que los de tierra, pero, al igual que estos últimos, requieren mucho más mantenimiento que los asfaltados y levantan mucha polvareda. También se denomina como ripio al conjunto de piedras, ladrillos y todo aquel material de desecho que pueda ser utilizado para rellenar huecos en una edificación (paredes y pisos).

2.3.10. CASCAJO.

El cascajo (piedra partida) se presenta algunas veces de color café amarillento, no tienen una granulometría establecida acumulándose con finos, medianos y gruesos, y no se lo emplea en la elaboración del concreto por su graduación (contenido de limos y arcilla). Las aplicaciones principales que tienen los cascajos son los rellenos y escolleras.

2.3.11. GRAVA.

En geología y en construcción se denomina grava a las rocas de tamaño comprendido entre 2 y 64 mm, aunque no existe homogeneidad de criterio para el límite superior. Pueden ser producidas por el hombre, en cuyo caso suele denominarse piedra partida o chancada.

2.3.12. CONFITILLO.

Es un agregado que se obtiene por trituración artificial de rocas o gravas y en tamaño varía de 1/4" a 3/8". Este material se usa para el afirmado de carreteras y como relleno ornamental en áreas de estacionamiento de vehículos, jardines, etc.

2.3.13. AFIRMADO.

El afirmado es una mezcla de tres tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla. Este material se usa extendiéndose sobre el firme de una carretera para igualarlo y consolidarlo,

se emplea para el diseño de camino de bajo volumen de tránsito, principalmente vías rurales, esta capa se compacta de forma manual o mecánica.

2.3.14. PIEDRA OVER O CASCOTE.

El cascote es el fragmento de un edificio derribado o el desecho de una obra en construcción.

2.4 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.

- Si se evalúa la calidad de los agregados extraídos del río Yauli, tramo: Mahr Túnel – Pachachaca, entonces se determinará su viabilidad económica y uso como cantera para la Industria de la Construcción.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS.

- Si realizamos las pruebas de laboratorio, entonces hallaremos que las propiedades físicas y mecánicas influyen directamente en la resistencia final del concreto.
- Si desarrollamos los ensayos de laboratorio de los agregados, conoceremos que si son aptos para la elaboración de concreto.

2.5 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.

2.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.

- ✓ Calidad de los Agregados.
- ✓ Especificaciones Técnicas de los Agregados.

2.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES.

- ✓ Resistencia del Concreto.
- ✓ Propiedades del Concreto.

❖ SUPRAORDINACIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE.

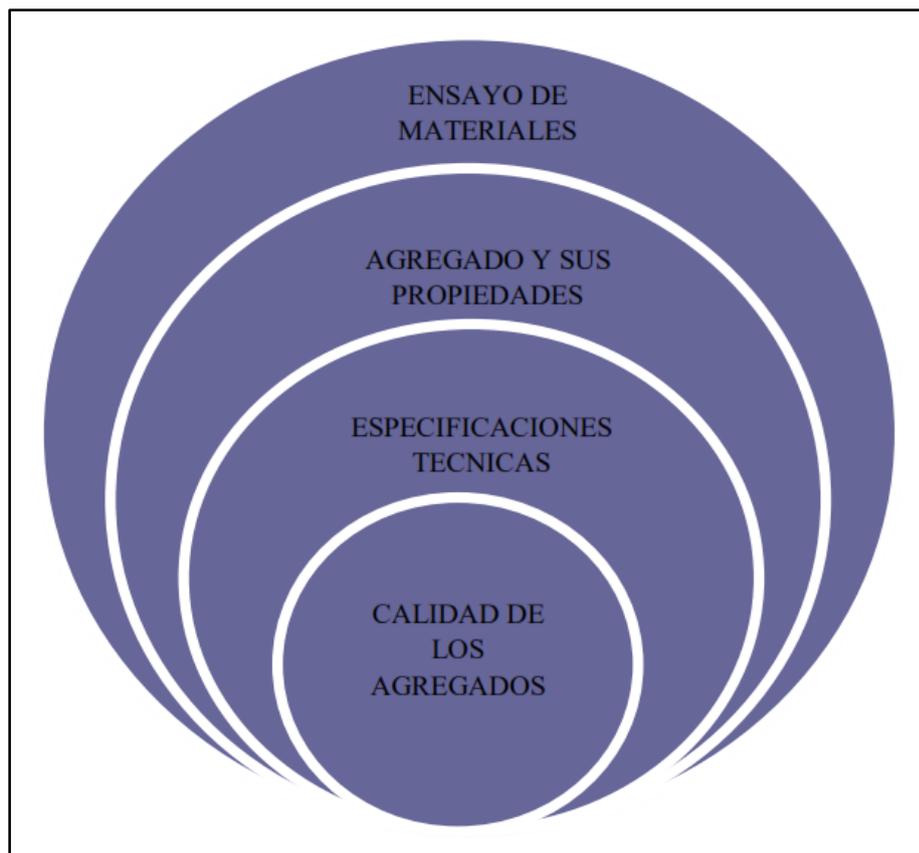


Figura 2-18 Variable Independiente.

❖ **SUPRAORDINACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE.**



Figura 2-19 *Variable Dependiente.*

2.6 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES.

TABLA 2-14 MATRIZ DE COHERENCIA

	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
GENERAL	<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es la calidad de los agregados para la industria de la construcción extraídos del río Yauli en el tramo comprendido entre Mahr Túnel - Pachachaca? 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluar la calidad de los agregados para la industria de la construcción extraídos del río Yauli en el tramo comprendido entre Mahr Túnel – Pachachaca. 	<ul style="list-style-type: none"> Si se evalúa la calidad de los agregados extraídos del río Yauli, tramo: Mahr Túnel – Pachachaca, entonces se determinará su viabilidad económica y uso como cantera para la industria de la construcción. 	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <ul style="list-style-type: none"> Calidad de los Agregados. Especificaciones técnicas de los agregados. <p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <ul style="list-style-type: none"> Resistencia del Concreto. Propiedades del Concreto.
ESPECIFICO	<ul style="list-style-type: none"> ¿Qué propiedades de los agregados influyen directamente en la resistencia final del concreto? ¿Los agregados empleados en la elaboración de concreto en la ciudad de Yauli, provincia de Yauli La Oroya, cumplen con las especificaciones técnicas establecidas? 	<ul style="list-style-type: none"> Determinar las propiedades de los agregados que influyen directamente en la resistencia final del concreto. Establecer si los agregados que se utilizan en la construcción de obras civiles en la ciudad de Yauli, provincia de Yauli La Oroya, son aptos para la elaboración de concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> Si realizamos las pruebas de laboratorio, entonces hallaremos que las propiedades físicas y mecánicas influyen directamente en la resistencia final del concreto. Si desarrollamos los ensayos de laboratorio de los agregados, conoceremos que si son aptos para la elaboración de concreto. 	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La modalidad de investigación que se empleará para la presente investigación es de campo, debido a que se acudirá directamente a las canteras que es de donde se extraen los diferentes agregados, todo con el fin de obtener las muestras, y a su vez también será del **tipo experimental** debido a que se realizarán estudios y análisis para obtener las propiedades de los agregados.

También contendrá la modalidad bibliográfica debido a que se investigarán y aplicarán las especificaciones de las normas NTP y ASTM que contemplan los requisitos y tipos de ensayos que deben ser aplicados a los agregados para de esta manera conocer su calidad y comportamiento al formar parte de una mezcla de concreto.

En función de los objetivos planteados, nuestra investigación se clasifica en dos tipos:

Por su naturaleza:

Nuestra investigación es del **tipo experimental**. Pues para evaluar la calidad de los agregados extraídos del río Yauli, tramo Mahr Tunel – Pachachaca, realizaremos pruebas de laboratorio.

Por su finalidad:

Nuestra investigación es del **tipo aplicada**. Pues resolveremos problemas de naturaleza práctica, aplicando los resultados

obtenidos a la mejora de la práctica de la ingeniería Civil en la Ciudad de Yauli – La Oroya.

3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

El método de investigación a ser aplicados es: exploratorio y descriptivo. Esta investigación será exploratorio debido a que el problema del desconocimiento de la calidad de los agregados es un tema poco investigado o desconocido en el contexto de las construcciones civiles, de esta manera conoceremos la realidad de los materiales empleados para elaborar el concreto. También será descriptivo ya que al analizar las propiedades de los agregados de los diferentes agregados y verificando su funcionamiento al formar parte del concreto, esto será de gran ayuda debido a que de esta manera los profesionales dedicados a la construcción sabrán que características tienen los materiales que están empleando y de acuerdo a estas características establecer que cantidades o dosificaciones deben ser empleadas para la elaboración de concreto.

3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

El diseño seleccionado a emplearse en el presente estudio, es el diseño **Experimental de Grupo de Control Post Test**. El cual responde al siguiente esquema:

GE	X	0 ₁
GC		0 ₂

Donde:

GE = Grupo experimental.

GC = Grupo de control.

X = Tratamiento, estímulo o variable experimental.

O_1 = Mediciones.

El diseño incluye dos grupos asignados de manera aleatoria, uno recibe el tratamiento experimental (GE) y el otro no (GC). Después que concluye el periodo experimental, a ambos grupos se les evalúa sobre la variable dependiente en estudio. O sino también ambos grupos serán comparados en la posprueba para analizar si el tratamiento experimental tuvo un efecto sobre la variable dependiente (Y).

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.4.1. POBLACIÓN.

Nuestra población objetivo está conformada por las canteras abastecedoras de agregados (fino y grueso) para la elaboración del concreto empleado en la construcción de obras civiles en la ciudad de Yauli y sus alrededores. Estas canteras se encuentran a lado del río Yauli, exactamente en el tramo comprendido entre Mahr Túnel – Pachachaca.

3.4.1.1 IDENTIFICACIÓN DE CANTERAS.

Con el propósito de identificar y localizar a las canteras que están dentro del tramo comprendido entre Mahr

Túnel – Pachachaca, se realizó un trabajo de campo minucioso de registro e identificación de estas canteras.

De donde podemos resumir que se identificó 03 canteras (Ver tabla 3-1), ubicadas en distintas zonas del río Yauli, tramo comprendido entre Mahr Túnel – Pachachaca (Ver plano de localización de canteras – anexo A).

TABLA 3-1
IDENTIFICACIÓN DE CANTERAS EN EL RÍO YAULI
(TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TÚNEL – PACHACHACA)

N°	NOMBRE DE CANTERA	PROPIETARIO (A)
01	Cantera Roma	Sra. Olga, Astuhuaman De Mayta
02	Cantera Pachachaca	Comunidad Campesinca Pachachaca
03	Cantera Arapa	Sr. Elmer Edwin, Aliaga Marín

Fuente: Encuesta: Identificación de Canteras (Ver Anexo A).

3.4.2. MUESTRA.

3.4.2.1 SELECCIÓN DE LA CANTERA EN ESTUDIO.

Seleccionaremos a dos canteras con el propósito de extraer las muestras a estudiar en función a los siguientes parámetros:

- a. Tipo de material (agregado).
- b. Proceso de extracción.
- c. Presencia en el mercado.

A. SELECCIÓN DE LA CANTERA POR SU TIPO DE MATERIAL Y PROCESO DE EXTRACCIÓN.

Con el fin de saber el tipo de material y el proceso que se utiliza en la extracción de los agregados, se pregunto a los propietarios de las canteras identificadas, constatando que todos abastecen el mismo tipo de material, en este caso agregado fino y grueso (Tabla 3-2). Además, todos utilizan el proceso mecanizado (cargador frontal y zaranda de distintos diámetros) en la extracción de los agregados (Figura 3-1).

TABLA 3-2
TIPO DE MATERIAL Y PROCESO DE EXTRACCIÓN DE AGREGADOS

N°	NOMBRE DE CANTERA	TIPO DE MATERIAL	PROCESO DE EXTRACCIÓN
01	Cantera Roma	Agregado Fino - Grueso	Mecanizado
02	Cantera Pachachaca	Agregado Fino - Grueso	Mecanizado
03	Cantera Arapa	Agregado Fino - Grueso	Mecanizado

Fuente: Encuesta: Identificación de Canteras (Ver Anexo A).



Figura 3-1 Proceso mecanizado en la extracción de agregados.

Como todas las canteras identificadas en el río Yauli en el tramo comprendido entre Mahr Túnel – Pachachaca abastecen el mismo tipo de material y utilizan el mismo proceso de extracción (Tabla 3.2), ninguna de estas tiene que ser descartadas para poder seleccionar a la cantera en función a su demanda en el mercado.

B. SELECCIÓN DE LA CANTERA POR SU PRESENCIA EN EL MERCADO.

Para evaluar este parámetro se realizó un trabajo de campo con el propósito de encuestar a los maestros y/o albañiles que estaban en plena labor, (Figura 3-3), para este fin se preparó una ficha de encuesta con el cual se entrevistó a 16 maestros y/o albañiles

durante una semana, a quienes se les preguntó principalmente ¿De qué cantera nos recomienda comprar los agregados en el distrito de Yauli?

En la tabla 3-3 y en la figura 3-2, se muestra un resumen de la encuesta hecha a los maestros y/o albañiles, sobre la cantera de agregados recomendada en el distrito de Yauli.

TABLA 3-3
RESUMEN DE ENCUESTA A MAESTROS Y/O ALBAÑILES

N°	NOMBRE DEL MAESTRO / ALBAÑIL	N° DNI	CANTERA QUE RECOMIENDA
01	Alejandro, MARÍN GONZALES	21284246	Roma
02	Bartolome Aurio, CRUZ VILCHEZ	41784097	Roma
03	Carlos, RAMOS ARRIETA	00155027	Pachachaca
04	Jimmy, PERALES SUASNABAR	47561392	Roma
05	Freddy, MAURICIO CORONEL	43132718	Pachachaca
06	Wilmer, TIBURCIO CHAVEZ	21248075	Arapa
07	Ricardo, PUERTAS AGUILAR	46547644	Pachachaca
08	Javier, CHUCO LUNA	20884120	Roma
09	Juan, HUATARONGO DOROTE	45205659	Roma
10	Edgar, GARCIA SUÑA	43008565	Pachachaca

11	Edgar Chale, DELGADO MARÍN	21283878	Pachachaca
12	Rolando, PEÑA FERNANDEZ	45228262	Arapa
13	Vladimir, VELA BARZOLA	73224492	Roma
14	Roy, MARIN HUANCAYA	41784099	Pachachaca
15	Juan de Dios, PEÑA PIZARRO	20695426	Arapa
16	Eduardo, TEJEDA DE LA CRUZ	44142822	Roma

Fuente: Encuesta: Maestro y/o Albañiles.

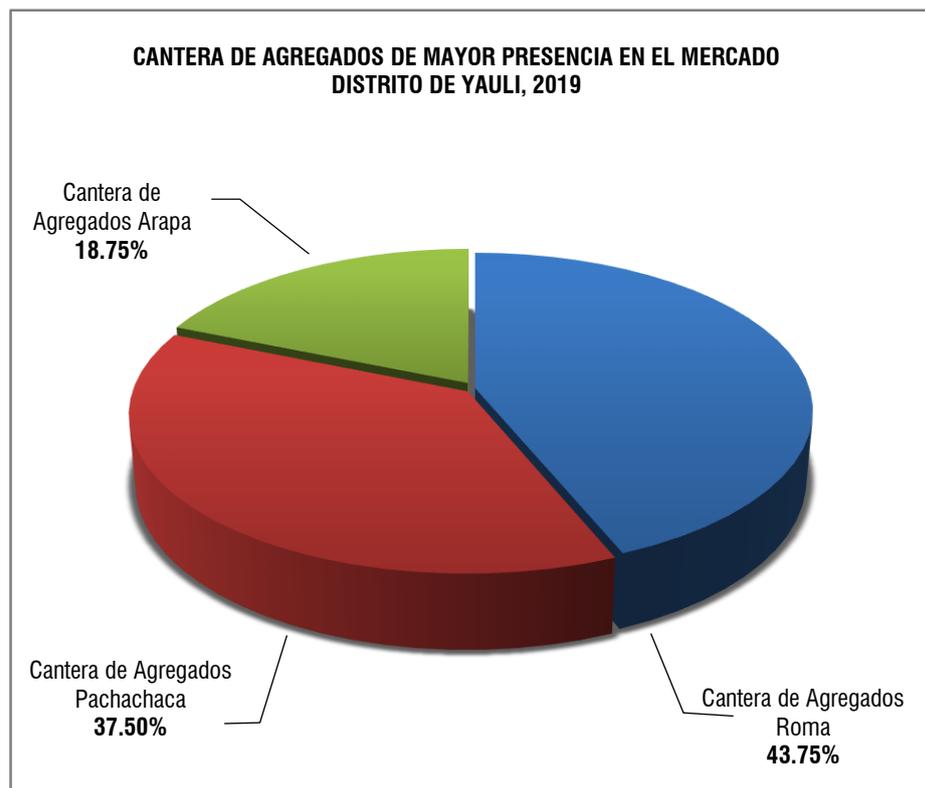


Figura 3-2 Gráfico estadístico de la cantera de mayor demanda en el mercado. Fuente: Realizado en función a la tabla 3-3.



Figura 3-3 Trabajo de campo con el propósito de encuestar a los albañiles.

Por lo tanto, trabajaremos con las dos canteras: Roma y Pachachaca, de donde extraeremos nuestras muestras (agregado fino y grueso) a ser utilizadas en nuestros ensayos de laboratorio.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Para poder medir las propiedades de los agregados, entre los principales instrumentos de medición destacan:

- ✓ Juego de tamices para el análisis granulométrico.

- ✓ Horno Eléctrico, utilizado para el secado de las muestras.

- ✓ Balanza electrónica de 30 Kg. con una precisión de 1g. utilizado para el pesaje de las muestras.
- ✓ Máquina de los Angeles, para el ensayo de abrasión.
- ✓ Canastilla metálica y recipiente de agua, para determinar la absorción.
- ✓ Molde cilíndrico y una varilla de 5/8", para hallar el peso unitario.
- ✓ Frasco de vidrio transparente y graduado, para las impurezas orgánicas.
- ✓ Taras, bandejas, espátulas, cucharon, brocha, etc.



Figura 3-4 Balanza electrónica para el pesaje de las muestras.



Figura 3-5 Juego de tamices.



Figura 3-6 Canastilla metálica.



Figura 3-7 Horno eléctrico.



Figura 3-8 Máquina de los Angeles.

3.6 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

Una vez recogida los datos de los ensayos, estos serán digitalizados mediante el programa estadístico Microsoft Excel 2013. El análisis de los datos se realizará mediante la utilización de la estadística descriptiva, utilizando el programa estadístico anteriormente mencionado. El análisis estadístico se realizará a través de las siguientes técnicas estadísticas:

A. MEDIA ARITMÉTICA.

Es el promedio de las observaciones (Ccanto, 2010). La media aritmética (\bar{x}), se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Donde:

x_i = Muestra i que esta entre $(0, n)$

n = Número de muestras

B. DESVIACIÓN ESTÁNDAR.

Es una medida del grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio, que nos indica cuánto tienden a alejarse los valores respecto al promedio. La desviación estándar (σ) se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:

x_i = Muestra i que esta entre (o, n)

\bar{x} = Promedio de las muestras.

n = Número de muestras.

C. COEFICIENTE DE VARIACIÓN.

El coeficiente de variación (Cv) es una medida que indica, porcentualmente, que tan dispersos o separados están los datos, unos con respecto a otros. Se calcula dividiendo la desviación estándar (σ) entre el valor promedio de la muestras (\bar{x}).

$$C.V (\%) = \frac{\sigma}{\bar{x}} . 100$$

3.7 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.

Para analizar los resultados que se obtuvieron de los ensayos realizados, como se describe en el capítulo posterior, fue necesario realizar un análisis estadístico, por lo que para determinar la relación existente entre las variables analizadas se utilizó el método estadístico más idóneo. Para poder entender lo realizado en este análisis, a continuación, tratamos de describir brevemente la lógica estadística utilizada.

En toda investigación en donde se requiera hacer uso de ensayos o procesos de laboratorio, intervienen una serie de variables en el proceso que afectan los resultados esperados, inclusive cuando se realizan procedimientos normados o estandarizados.

Estas discrepancias entre los resultados obtenidos y los resultados esperados se pueden atribuir a factores ambientales, instrumentales, de procedimiento, a los componentes o reactivos utilizados, a la experiencia de quien realiza los ensayos u otras variables que consciente o inconscientemente no se controlan.

Existen técnicas estadísticas que permiten disminuir el impacto de estas discrepancias atribuidas a variables no controladas, mediante un “ajuste” de datos o regresión.

El análisis de regresión nos da la capacidad de representar una serie de datos o de resultados, por medio de un modelo matemático que describa con exactitud su comportamiento respecto a determinadas variables.

La ecuación o modelo matemático utilizado, debe ser propuesto a partir de la observación de los diagramas de dispersión, por lo que es necesario conocer al menos el comportamiento gráfico de las funciones más comunes.

Para el caso de un fenómeno que sea posible describirlo mediante la relación de dos variables (una independiente y una dependiente), el método de los mínimos cuadrados nos ayuda a encontrar la curva

que mejor se adapte al diagrama de dispersión, por lo que el modelo matemático (ecuación) debe generar una curva tal que cumpla dos condiciones:

- La suma de las desviaciones verticales (diferencia entre el valor observado y el valor predicho) de los puntos a partir de la recta de ajuste sea nula.

$$\sum (Y_i - Y) = 0 \quad (1)$$

- La suma de los cuadrados de dichas desviaciones es mínima, es decir ningún otro modelo matemático daría una suma menor de las desviaciones elevadas al cuadrado (mínimo).

$$\sum (Y_i - Y)^2 \rightarrow 0 \quad (2)$$

3.8 SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.

Los instrumentos de investigación son herramientas operativas que permiten la recolección de los datos; sin embargo, debe tenerse en cuenta que las prácticas de investigación sin una epistemología definida, se convierten en una instrumentalización de las técnicas por lo que todo instrumento deberá ser producto de una articulación entre paradigma, epistemología, perspectiva teórica, metodología y técnicas para la recolección y análisis de datos.

Para la selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación se realizó formatos (fichas) de observación, el cual consiste en el registro visual de lo que ocurre en una situación real. Para poder registrar los datos que obtendremos de los instrumentos de medición, se prepararon formatos (fichas) de observación. Estos formatos se prepararon para todos los ensayos, tanto para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados. Algunos de los formatos que se realizaron se pueden apreciar en la ficha A.1 hasta la ficha A.5.

FICHA A.1
GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO

Tamiz		Peso Retenido Parcial (g)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Acumulado que pasa (%)
mm	Nº				
9.52	3/8"				
4.75	Nº4				
2.36	Nº8				
1.18	Nº16				
0.60	Nº30				
0.30	Nº50				
0.07	Nº200				
Sumatoria				-----	-----
Tamaño Máximo (TM)					
Tamaño Máximo Nominal (TMN)					
Módulo de Finura (MF)					

FICHA A.2
GRANULOMETRÍA DE AGREGADO GRUESO

Tamiz		Peso Retenido Parcial (g)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Acumulado que pasa (%)
mm	Nº				
38.1	1 1/2"				
25.4	1"				
19.05	3/4"				
12.7	1/2"				
9.52	3/8"				
4.76	Nº4				
Sumatoria				-----	-----
Tamaño Máximo (TM)					
Tamaño Máximo Nominal (TMN)					
Módulo de Finura (MF)					

FICHA A.3
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO / GRUESO

Ensayo		1	2	3
W muestra seca + Molde	gr			
W Molde	gr			
W muestra seca	gr			
Capacidad Volumétrica de la medida	cm ³			
Peso Unitario Suelto	gr/cm ³			
PROM. PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm ³			

FICHA A.4

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO / GRUESO

Ensayo		1	2	3
W muestra seca + Molde	gr			
W Molde	gr			
W muestra seca	gr			
Peso Unitario Compactado	gr/cm3			
PROM. PESO UNITARIO COMPACT.	gr/cm3			

FICHA A.5

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO / GRUESO

N°	Muestra	1	2	3
1	Peso de recip. + Peso de suelo húmedo	gr		
2	Peso de recip. + Peso de suelo seco	gr		
3	Peso de agua (1) – (2)	gr		
4	Peso de recipiente	gr		
5	Peso de suelo seco (2) – (4)	gr		
6	Contenido de Humedad (3) / (5) x 100	%		
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO		%		

3.9 ORIENTACIÓN ÉTICA.

Es un aspecto de la filosofía en el cual se da un asesoramiento sobre valores, creencias e ideales en torno a la reflexión de la actitud ética privada: Esta orientación se formula desde dos campos de la vida: La vida profesional y la vida personal.

Los planteamientos éticos actuales requieren una elaboración dentro del nuevo contexto histórico en que nos encontramos. Sin embargo, la reflexión humana respecto del buen actuar y obrar tiene ya parte de este camino recorrido, con la elaboración de diferentes teorías éticas, y éstas pueden servirnos de fundamento para abordar los problemas éticos actuales.

La razón principal para tener un comportamiento ético radica en la dignidad de la persona, la que realiza el acto, y aquellas que directa o indirectamente son afectadas por el mismo. La persona humana debe ser defendida por su naturaleza racional, por su capacidad de ejercer la libertad y de decidir sobre el sentido en su vida, siempre y cuando no riñe con la ley. El ejercicio de la vida moral proclama la dignidad de la persona humana.

La investigación ha sido sometida a la observación de las garantías éticas que se considera que han de ser propias de tal proceso. En este sentido, se han garantizado una serie de principios éticos fundamentales como son los de beneficencia y no maleficencia, autonomía, confidencialidad y justicia. Con respecto al principio de beneficencia y no maleficencia, se ha tratado en todo momento de no causar perjuicio, desventaja o exposición a riesgo alguno a los participantes en nuestra investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO.

4.1.1 CANTERA ROMA.

La cantera ROMA es propiedad de la Sra. Olga Astuhuaman De Mayta, el cual es la responsable de la explotación de la cantera mencionada. Esta cantera lleva funcionando alrededor de 5 a 8 años, explotan y procesan material pétreo como agregado fino y agregado grueso.

a. Ubicación.

El área del estudio se ubica en la región central del territorio patrio, en un valle andino. Políticamente el área en estudio se localiza en:

- Región : Junín.
- Provincia : Yauli.
- Distrito : Yauli.
- Localidad : Río Yauli, tramo entre Mahr Túnel – Pachachaca.

Geográficamente está ubicada en la región de la sierra a una altura promedio de 3971 m.s.n.m.

b. Vías de acceso.

El acceso principal lo constituye la Carretera de Penetración que parte del paraje denominado Cut Off

(estación de pesaje) hacia Yauli con una longitud de 12.00 Km. Este acceso forma parte de la ruta departamental JU-102.

Cut Off se encuentra en la carretera central en el Km 156+600 de la ruta PE-3S que va de Lima hacia La Oroya. De Cut Off parte una vía asfaltada recientemente construida hasta la capital del distrito de Yauli.

La cantera "ROMA" se encuentra en el Km. 4.85 (progresiva Km 4+850) de la carretera que va de Cut Off hacia la ciudad de Yauli.

El acceso a la cantera se encuentra a 300 m. hacia el lado izquierdo de la vía existente sobre una carretera trocha en buen estado.

c. Condiciones climáticas.

El clima es frígido durante todo el año, especialmente durante los meses de mayo a agosto que corresponde a la época de invierno, mientras que en los demás meses el frío es de menor intensidad. Existe poca humedad ambiental.

El promedio máximo de precipitación total por año es de 1,200 mm y el mínimo de 400 mm. La temperatura anual máxima es de 17°C. y la media anual mínima de 3°C.

d. Métodos de explotación.

La explotación es realizada mediante a cielo abierto, la extracción del material es del río Yauli. El periodo de explotación es en cualquier época del año de enero a diciembre. En la cantera "Roma", hoy en día se explota alrededor de 150 a 200 m³ de material pétreo diarios y mensualmente está entre 5000 y 6000 m³.

Los agregados son clasificados mediante un proceso de extracción mecanizado (cargador frontal y zaranda de distintos diámetros).

El área de explotación de la cantera "Roma" es de 27, 200 m² aproximadamente. El material explotado de esta cantera se usa para elaboración de concreto. También para relleno, sub base granular, base granular y gaviones.

e. Tipos de agregados.

El material predominante extraído de esta cantera es la arena fina y gruesa, hormigón, piedras, cantos rodados de tamaño variable, etc. El propietario provee los siguientes tipos agregados para la industria de la construcción:

- ✓ Arena fina
- ✓ Arena gruesa de 1/4".
- ✓ Arena gruesa de 3/4".

- ✓ Piedra de canto rodado de 1" a 2".
- ✓ Piedra de canto rodado de 2" a 4".
- ✓ Piedra de canto rodado de 8".
- ✓ Hormigón.

Asi mismo el propietario comercializa los materiales en cancha y puesto en obra, debidamente seleccionados.



Figura 4-1 Ubicación satelital de la cantera Roma.



Figura 4-2 Zarandeo de material extraído del río Yauli – cantera Roma.

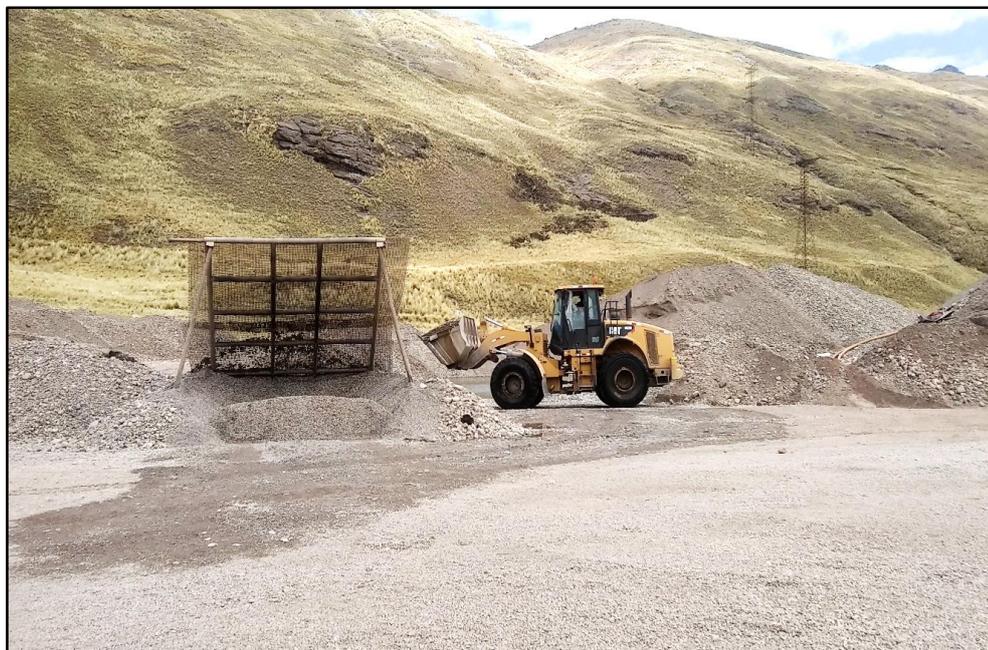


Figura 4-3 Explotación a cielo abierto con cargador frontal - cantera Roma.



Figura 4-4 Zaranda metálica para la clasificación de los agregados – cantera Roma.



Figura 4-5 Material seleccionado para la comercialización – cantera Roma.

4.1.2 CANTERA PACHACHACA

La cantera PACHACHACA es propiedad de la comunidad campesina San Juan Bautista de Pachachaca; presidido por su Presidente Sr. Rolando Churampi Zavala, el cual es el responsable de la explotación de la cantera mencionada. Esta cantera lleva funcionando alrededor de 7 a 10 años, explotan y procesan material pétreo como agregado fino y agregado grueso.

a. Ubicación.

El área del estudio se ubica en la región central del territorio patrio, en un valle andino. Políticamente el área en estudio se localiza en:

- Región : Junín.
- Provincia : Yauli.
- Distrito : Yauli.
- Localidad : Río Yauli, tramo entre Mahr Túnel – Pachachaca.

Geográficamente está ubicada en la región de la sierra a una altura promedio de 3982 m.s.n.m.

b. Vías de acceso.

El acceso principal lo constituye la Carretera de Penetración que parte del paraje denominado Cut Off (estación de pesaje) hacia Yauli con una longitud de 12.00

Km. Este acceso forma parte de la ruta departamental JU-102.

Cut Off se encuentra en la carretera central en el Km 156+600 de la ruta PE-3S que va de Lima hacia La Oroya. De Cut Off parte una vía asfaltada recientemente construida hasta la capital del distrito de Yauli.

La cantera "PACHACHACA" se encuentra en el Km. 2.20 (progresiva Km 2+200) de la carretera que va de Cut Off hacia la ciudad de Yauli.

El acceso a la cantera se encuentra a 450 m. hacia el lado izquierdo de la vía existente sobre una carretera trocha en buen estado.

c. Condiciones climáticas.

El clima es frígido durante todo el año, especialmente durante los meses de mayo a agosto que corresponde a la época de invierno, mientras que en los demás meses el frío es de menor intensidad. Existe poca humedad ambiental.

El promedio máximo de precipitación total por año es de 1,200 mm y el mínimo de 400 mm. La temperatura anual máxima es de 17°C. y la media anual mínima de 3°C.

d. Métodos de explotación.

La explotación es realizada mediante a cielo abierto, la extracción del material es del río Yauli. El periodo de explotación es en cualquier época del año de enero a diciembre. En la cantera "Pachachaca", hoy en día se explota alrededor de 100 a 150 m³ de material pétreo diarios y mensualmente está entre 4000 y 4500 m³.

Los agregados son clasificados mediante un proceso de extracción mecanizado (cargador frontal y zaranda de distintos diámetros).

El área de explotación de la cantera "Pachachaca" es de 63,900 m² aproximadamente. El material explotado de esta cantera se usa para elaboración de concreto. También para relleno, sub base granular, base granular y gaviones.

e. Tipos de agregados.

El material predominante extraído de esta cantera es la arena fina y gruesa, hormigón, piedras, cantos rodados de tamaño variable, etc. El propietario provee los siguientes tipos agregados para la industria de la construcción:

- ✓ Arena fina
- ✓ Arena gruesa de 1/4".
- ✓ Arena gruesa de 3/4".

- ✓ Piedra de canto rodado de 1/2" a 1".
- ✓ Piedra de canto rodado de 1" a 2".
- ✓ Piedra de canto rodado de 2" a 3".
- ✓ Piedra de canto rodado de 2" a 4".
- ✓ Piedra de canto rodado de 8".
- ✓ Hormigón.
- ✓ Material para subrasante.
- ✓ Material para rasante.

Asi mismo el propietario comercializa los materiales en cancha y puesto en obra, debidamente seleccionados.



Figura 4-6 Ubicación Satelital de la cantera Pachachaca.



Figura 4-7 Explotación a cielo abierto con cargador frontal - cantera Pachachaca.



Figura 4-8 Proceso de extracción mecanizado (cargador frontal y zaranda) - cantera Pachachaca.



Figura 4-9 Zaranda metálica para la clasificación de los agregados – cantera Pachachaca.



Figura 4-10 Material seleccionado para la comercialización – cantera Pachachaca.

4.2 PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Para este capítulo se procedió a realizar las pruebas de laboratorio para agregado fino y agregado grueso empleado en la industria de la construcción; todo con el fin de determinar las propiedades físicas y de resistencia de los agregados pétreos de las diferentes canteras en estudio.

4.2.1 MUESTREO DISTURBADO.

Se realizó la exploración de las canteras a cielo abierto, designados como: cantera Roma y cantera Pachachaca. Este sistema de exploración nos permite evaluar directamente las diferentes características del agregado en su estado natural.

Se tomó una muestra representativa del estrato atravesado en dichas canteras y en cantidad suficiente como para realizar los ensayos de identificación y caracterización.

4.2.2 ENSAYOS EFECTUADOS.

Se realizaron los respectivos ensayos de Agregados de acuerdo a las normas ASTM y según la relación que se indica. Los que han permitido determinar la caracterización adecuada.

- Análisis Granulométrico por Tamizado MTC E 204 (ASTM C 136).
- Contenido de Humedad ASTM D 2216.

- Peso específico y absorción de agregados gruesos MTC E 206 (ASTM C 127).
- Peso específico y absorción de agregados finos MTC E 205 (ASTM C 128).
- Peso unitario ASTM C 29.
- Impurezas orgánicas MTC E 213 (ASTM C 40).
- Durabilidad al sulfato de magnesio MTC E 209 (ASTM C 88).
- Abrasión los ángeles MTC E 207 (ASTM C 131).

CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS.

A. CONTENIDO DE HUMEDAD.

Normas ASTM D 2216

Este ensayo tiene por objeto determinar la humedad natural de los materiales para poder posteriormente compensar en el diseño de mezcla y optimizar la resistencia del diseño.

Las partículas más grandes de agregado grueso, especialmente aquellas superiores a 50mm requerirán de más tiempo de secado para que la humedad se desplace del interior de la partícula hasta la superficie. El usuario de este método deberá determinar empíricamente si los métodos por secado rápido suministran la suficiente precisión para el fin requerido, cuando se sequen partículas de tamaños mayores.

B. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS.

Normas ASTM C 136 Y AASHTO T 27

Este ensayo tiene por objeto determinar, cuantitativamente, los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada. Se determina la distribución de los tamaños de las partículas de una muestra seca del agregado, por separación a través de tamices dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura.

Se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para uso como agregados o los que están siendo usados como tales. Los resultados serán usados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos exigidos en la especificación técnica del proyecto y proporcionar datos necesarios para el control de producción de agregados.

C. PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN.

Normas ASTM C 127 Y AASHTO T85

Tiene por objetivo determinar los pesos específicos aparente y nominal, así como la absorción, después de 24 horas de sumergidos en agua, de los agregados con tamaño igual o mayor a 4.75 mm (tamiz No 4).

Volúmenes aparentes y nominales. - En un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan, se define el volumen denominado “aparente”, si se excluye este volumen de vacíos al volumen resultante, se denomina “nominal”.

Peso específico aparente y nominal. - En estos materiales, se define el peso específico aparente como la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente, y peso específico nominal a la relación entre el peso al aire del sólido y el peso del agua correspondiente a su volumen nominal.

Normas ASTM C 128

Determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas de sumergido en agua el agregado fino. El peso específico (gravedad específica) es la característica generalmente usada para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que contienen agregados incluyendo concreto de cemento Portland, concreto bituminoso, y otras mezclas que son proporcionadas y analizadas en base al volumen. Se aplica para determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, peso específico aparente y la absorción de agregado

fino, a fin de usar estos valores tanto en el cálculo y corrección de diseños de mezclas, como en control de uniformidad de las características físicas.

D. PESO UNITARIO.

Normas ASTM C 29

Tiene por objetivo establecer el método para determinar el peso unitario (peso volumétrico) suelto y compactado de los agregados finos y gruesos.

Método del apisonado. Para agregados de tamaño nominal menor o igual que 39 mm (1 1/2").

Se utiliza para determinar la relación masa/volumen para conversiones en acuerdos de compra donde se desconoce la relación entre el grado de compactación del agregado en una unidad de transporte o depósito de almacenamiento (que usualmente contienen humedad superficial absorbida) y los llevados a cabo por este ensayo que determina el peso unitario seco.

E. DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO.

Normas ASTM D 5821 C 88 Y AASHTO T 104

Describe el procedimiento que debe seguirse, para determinar la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción de soluciones saturadas de sulfato de magnesio.

Este método suministra una información útil para juzgar la calidad de los agregados que han de estar sometidos a la acción de los agentes atmosféricos, sobre todo cuando no se dispone de datos sobre el comportamiento de los materiales que se van a emplear, en las condiciones climáticas de la obra. Con el se puede hacer una estimación preliminar de la inalterabilidad de los agregados que se usaran para la fabricación de concreto de cemento portland u otros propósitos.

F. IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL AGREGADO FINO.

Normas ASTM C 40

Tiene por objeto establecer el procedimiento que debe seguirse para determinar la presencia y el contenido de materia orgánica en el agregado fino usado en la preparación de morteros o concretos de cemento hidráulico.

El principal valor de este método de ensayo es proporcionar una advertencia sobre el posible contenido de impurezas orgánicas perjudiciales. Cuando una muestra sujeta a estos procedimientos da un color más oscuro que la solución de referencia es aconsejable realizar una prueba sobre el efecto de las impurezas orgánicas en la resistencia del mortero.

G. ABRASIÓN CON LA MÁQUINA DE LOS ANGELES.

Normas ASTM C 131, AASHTO T 96 y ASTM C 535

Se refiere al procedimiento que se debe seguir para realizar el ensayo de abrasión o desgaste de los agregados gruesos hasta de 37.5 mm (1 ½") por medio de la máquina de los ángeles. Este modo operativo es una medida de la degradación de agregados minerales de gradaciones normalizadas resultantes de una combinación de acciones, las cuales incluyen desgaste, impacto y trituración, en un tambor de acero en rotación que contiene un número especificado de esferas de acero, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo. Al rotar el tambor, la muestra y las bolas de acero son recogidas por una pestaña de acero transportándolas hasta que son arrojadas al lado opuesto del tambor, creando un efecto de trituración por impacto. Este ciclo es repetido mientras el tambor gira con su contenido. Luego de un número de revoluciones establecido, el agregado es retirado del tambor y tamizado para medir su degradación como porcentaje de pérdida.

4.3 PRUEBA DE HIPÓTESIS.

El agregado ha sido clasificado de acuerdo a la norma ASTM, según se muestra en los certificados de los ensayos realizados. El siguiente cuadro nos da un resumen de lo que presenta en los certificados.

4.3.1 AGREGADOS DE LA CANTERA ROMA.

4.3.1.1 AGREGADO GRUESO.

Con los ensayos de laboratorio realizados al agregado grueso de la cantera ROMA se pudo obtener los valores que corresponden a sus propiedades físicas y mecánicas, y al compararlos con los valores especificados por las normas mencionadas en cada ensayo se establece que están dentro de los límites admisibles y que es apto para ser empleado en la elaboración de concreto.

TABLA 4-1
PROPIEDADES OBTENIDAS PARA
EL AGREGADO GRUESO CANTERA ROMA

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS	UNIDAD	VALOR
Tamaño Nominal Máximo	m m	19.05
Módulo de finura	-	8.18
Peso Específico (seco)	gr./cm ³	2.49
Capacidad de Absorción (%)	%	1.53
Humedad (%)	%	1.12
Peso Unitario Suelto	Kg./m ³	1564.01
Peso Unitario Compactado	Kg./m ³	1695.18
Abrasión	%	24.46

Fuente: Realizado en función a los ensayos de Laboratorio CISACPERU. Elaboración propia.

4.3.1.2 AGREGADO FINO.

Con los ensayos de laboratorio realizados al agregado fino (arena) de la cantera ROMA se pudo obtener los

valores que corresponden a sus propiedades físicas y mecánicas, y al compararlos con los valores especificados por las normas mencionadas en cada ensayo se establece que están dentro de los límites admisibles y que es apto para ser empleado en la elaboración de concreto.

TABLA 4-2
PROPIEDADES OBTENIDAS PARA
EL AGREGADO FINO (ARENA) CANTERA ROMA

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS	UNIDAD	VALOR
Tamaño Nominal Máximo	m m	9.53
Módulo de finura	-	4.04
Peso Específico (seco)	gr./cm ³	3.65
Capacidad de Absorción (%)	%	1.33
Humedad (%)	%	19.45
Peso Unitario Suelto	Kg./m ³	1534.64
Peso Unitario Compactado	Kg./m ³	1795.69

Fuente: Realizado en función a los ensayos de Laboratorio CISACPERU. Elaboración propia.

4.3.2 AGREGADOS DE LA CANTERA PACHACHACA.

4.3.2.1 AGREGADO GRUESO.

Con los ensayos de laboratorio realizados al agregado grueso de la cantera PACHACHACA se pudo obtener los valores que corresponden a sus propiedades físicas y mecánicas, y al compararlos con los valores

especificados por las normas mencionadas en cada ensayo se establece que están dentro de los límites admisibles y que es apto para ser empleado en la elaboración de concreto.

TABLA 4-3
PROPIEDADES OBTENIDAS PARA EL AGREGADO GRUESO CANTERA PACHACHACA

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS	UNIDAD	VALOR
Tamaño Nominal Máximo	m m	38.10
Módulo de finura	-	11.05
Peso Específico (seco)	gr./cm ³	2.58
Capacidad de Absorción (%)	%	2.01
Humedad (%)	%	0.52
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1502.01
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1619.15
Abrasión	%	15.56

Fuente: Realizado en función a los ensayos de Laboratorio CISACPERU. Elaboración propia.

4.3.2.2 AGREGADO FINO.

Con los ensayos de laboratorio realizados al agregado fino (arena) de la cantera PACHACHACA se pudo obtener los valores que corresponden a sus propiedades físicas y mecánicas, y al compararlos con los valores especificados por las normas mencionadas

en cada ensayo se establece que están dentro de los límites admisibles y que es apto para ser empleado en la elaboración de concreto.

TABLA 4-4
PROPIEDADES OBTENIDAS PARA EL AGREGADO FINO (ARENA) CANTERA PACHACHACA

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS	UNIDAD	VALOR
Tamaño Nominal Máximo	m m	12.70
Módulo de finura	-	4.85
Peso Específico (seco)	gr./cm ³	2.55
Capacidad de Absorción (%)	%	1.90
Humedad (%)	%	3.53
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1830.60
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	2003.55

Fuente: Realizado en función a los ensayos de Laboratorio CISACPERU. Elaboración propia.

4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Mediante los ensayos realizados a los agregados de cada cantera es claramente apreciable que los resultados obtenidos, aunque cercanos entre ellos no son exactamente los mismos, es decir, que las propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso y agregado fino (arena) difieren dependiendo de la cantera en donde hayan sido extraídos, por ende, al momento de elaborar concreto la dosificación empleada para una resistencia determinada; no será la misma.

CONCLUSIONES

1. CANTERA ROMA.

- Las propiedades físico mecánicas del agregado grueso canto rodado encontrado mediante zarandeo, y estudiadas en el laboratorio mediante ensayos, están dentro de los parámetros de la norma para diseño de mezclas.
- Las propiedades físico mecánicas del agregado fino extraído de río Yauli si cumplen con los requerimientos mínimos que exige la norma para los agregados finos en la elaboración de concreto.
- Las impurezas encontradas son relativamente limpias debido a que las canteras a trabajar son de rio por ello no traen consigo excesos de material orgánico.
- De los ensayos con uso de reactivos como la durabilidad de los agregados se tuvo una iteración de 3 ensayos para llegar a una constante, debido a la inconstancia de los materiales de la cantera.
- Del ensayo de abrasión se obtuvo una resistencia al desgaste de 24.46% que es menor al 50% que es el porcentaje máximo admisible para agregados gruesos de buena resistencia.

- Finalmente, se puede indicar que el material de la cantera Roma es un material, de muy buenas características geotécnicas y que, por los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se puede utilizar en la industria de la construcción.

2. CANTERA PACHACHACA.

- Las propiedades físico mecánicas del agregado grueso canto rodado encontrado mediante zarandeo, y estudiadas en el laboratorio mediante ensayos, están dentro de los parámetros de la norma para diseño de mezclas.
- Las propiedades físico mecánicas del agregado fino extraído de río Yauli si cumplen con los requerimientos mínimos que exige la norma para los agregados finos en la elaboración de concreto.
- Las impurezas encontradas son relativamente limpias debido a que las canteras a trabajar son de rio por ello no traen consigo excesos de material orgánico.
- De los ensayos con uso de reactivos como la durabilidad de los agregados se tuvo una iteración de 3 ensayos para llegar a una constante, debido a la inconstancia de los materiales de la cantera.

- Del ensayo de abrasión se obtuvo una resistencia al desgaste de 15.56% que es menor al 50% que es el porcentaje máximo admisible para agregados gruesos de buena resistencia.
- Finalmente, se puede indicar que el material de la cantera Pachachaca es un material, de muy buenas características geotécnicas y que, por los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se puede utilizar en la industria de la construcción.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere que al momento de realizar los ensayos para la obtención de pesos unitarios (suelto y compactado) y específicos; el recipiente destinado a contener la muestra para el ensayo se lo ubique en una superficie completamente plana a lo largo del ensayo.
- Se recomienda que a pesar de que la resistencia a desgaste no intervenga al momento de calcular una dosificación para el concreto, este ensayo sea realizado ya que se podrá estimar la calidad del agregado grueso a ser empleado para dicho fin.
- Es necesario que los agregados al momento de realizar el ensayo destinado a obtener su peso específico, se encuentren en estado saturado superficie seca ya que esta condición es ideal para obtener resultados reales y confiables.
- Es de vital importancia que al momento de realizar el proceso de peso unitario compactado sea una misma persona la que realice los procesos de compactación a lo largo de todo el ensayo para que la carga aplicada sea la misma.

BIBLIOGRAFIA

- ✓ Instituto de la Construcción y Gerencia, “Especificaciones Técnicas Generales para Carreteras (EG-2000)”, Lima – Perú, 27 de diciembre 2000 de préstamo para base y sub base, para obtener datos que servirán para nuestro estudio.
- ✓ JUAREZ B., Eulalio; Rico R., Alfonso, “MECANICA DE SUELOS”. México 1969.
- ✓ SALCEDO DE LA VEGA Carlos “Tecnología del Concreto”, Editorial San Marcos.
- ✓ A.C.I. Capitulo peruano, “Tecnología del Concreto”.
- ✓ Instituto de la Construcción y Gerencia “Manual De Ensayo de Materiales (EM – 2000)”. Lima, Perú, 2000.
- ✓ RIVVA L. Enrique, Naturaleza y Materiales de Concreto, Lima, Perú, 2002.
- ✓ A.M. Neville y J.J. Brooks “Tecnología del concreto” Ed. Trillas.
- ✓ Ana Torre Carrillo, “Curso Básico de concreto para Ingenieros Civiles”, Universidad Nacional de Ingenieria.
- ✓ Pasquel E. (1998). Topicos de Tecnologia del Concreto en el Perú. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.

- ✓ NTP 400.010. (2011). AGREGADOS. Extracción y preparación de muestras (3 ed.). Lima: Direccion de Normalizacion-INACAL.
- ✓ NTP 400.017. (2011). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. (3 ed.). Lima: Direccion de Normmalizacion -INACAL.
- ✓ NTP 400.022. (2013). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para densidad, la densidad relativa (Peso Específico) y absorción del agregado fino (3 ed.). Lima: Direccion de Normalizacion - INACAL.
- ✓ NTP 400.024. (2011). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar las impurezas orgánicas en el agregado fino para concreto. Lima: Direccion de Normalizacion - INACAL.
- ✓ MTC E 203. (2016). Peso Unitario y Vacios de los Agregados. (3 ed.). Lima, Perú: DIDACTICA.
- ✓ MTC E 204. (2016). Analisis Granulometrico de Agregados Gruesos y Finos. (3 ed.). Lima, Perú: DIDÁCTICA.
- ✓ MTC E 205. (2016). Gravedad Específica y Absorcion de Agregados Finos. (3 ed.). Lima, Perú: DIDÁCTICA.

- ✓ MTC E 206. (2016). Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos. (3 ed.). Lima, Perú: DIDACTICA.

- ✓ MTC E 207. (2016). Abrasión Los Angeles (L.A.) al Desgaste de los Agregados de Tamaños Menores de 37,5 Mm (1 ½"). (3 ed.). Lima, Perú: DIDÁCTICA.

ANEXOS

ANEXO A: Planos.

ANEXO B: Resultados de ensayos: Cantera Roma.

ANEXO C: Resultado de ensayos: Cantera Pachachaca.

ANEXO D: Panel Fotográfico.

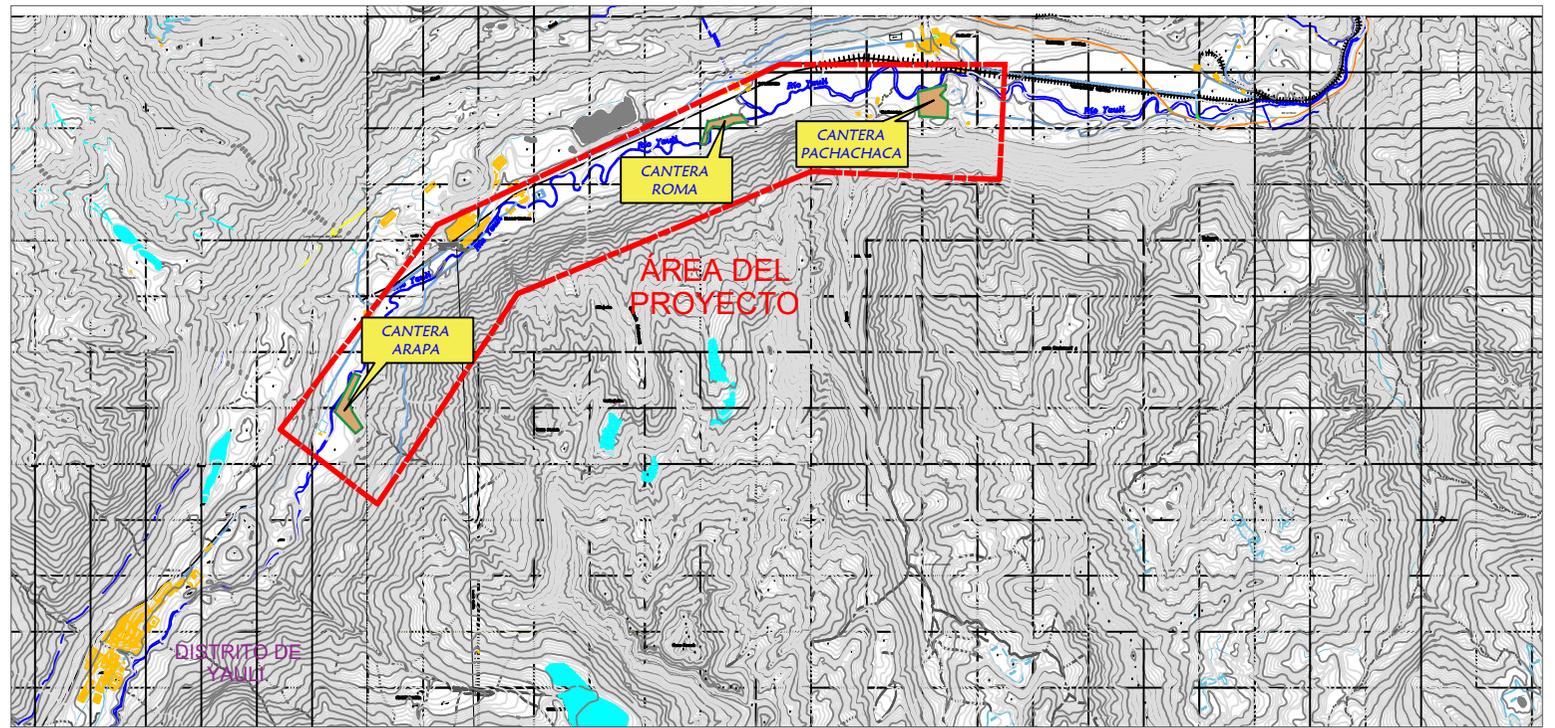
ANEXO A

PLANOS:

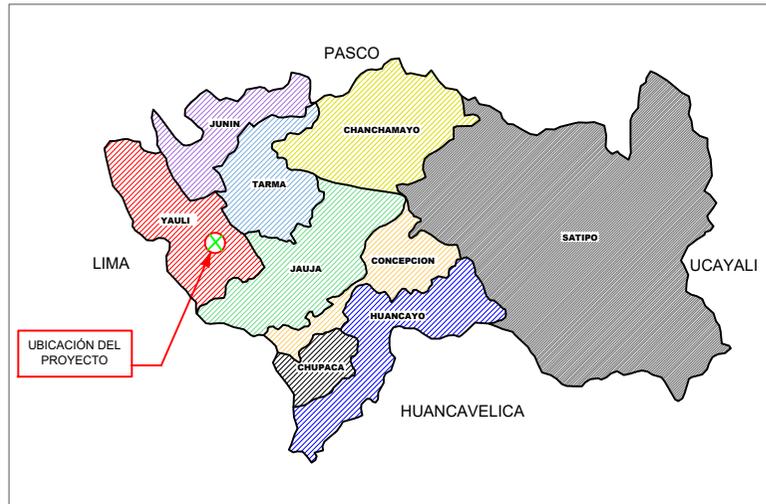
- a. Plano de Ubicación y Localización de Canteras.
- b. Plano General de Canteras.
- c. Plano Ubicación Cantera Roma.
- d. Plano Ubicación Cantera Pachachaca.



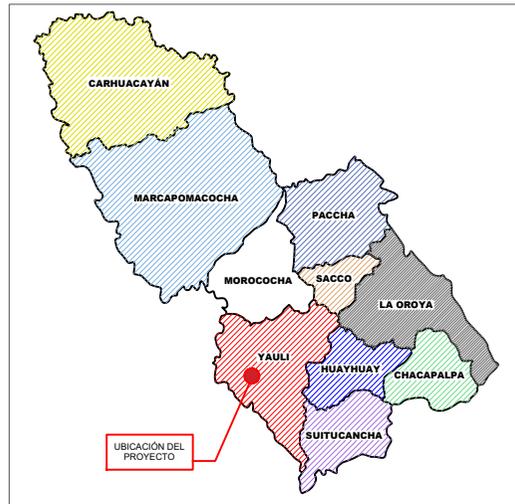
UBICACIÓN DEL PROYECTO EN EL TERRITORIO NACIONAL
ESC: S/E



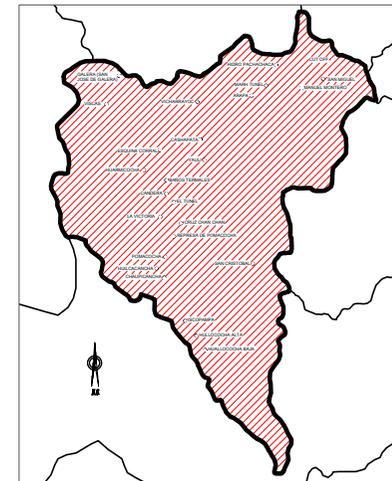
VISTA GENERAL DEL ÁREA DEL PROYECTO
ESC: 1/50,000



UBICACIÓN DEL PROYECTO EN EL DEPARTAMENTO DE JUNÍN
ESC: S/E



UBICACIÓN DEL PROYECTO EN LA PROVINCIA DE YAULI
ESC: S/E



UBICACIÓN DEL PROYECTO EN LA DISTRITO DE YAULI
ESC: S/E



TESISTA: Bach. Paúl Julino, CHACÓN ESTRADA

ASESOR: Arq. Germán, RAMÍREZ MEDRANO

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EXTRAÍDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TÚNEL - PACHACHACA, 2017.

PLAÑO: UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE CANTERAS

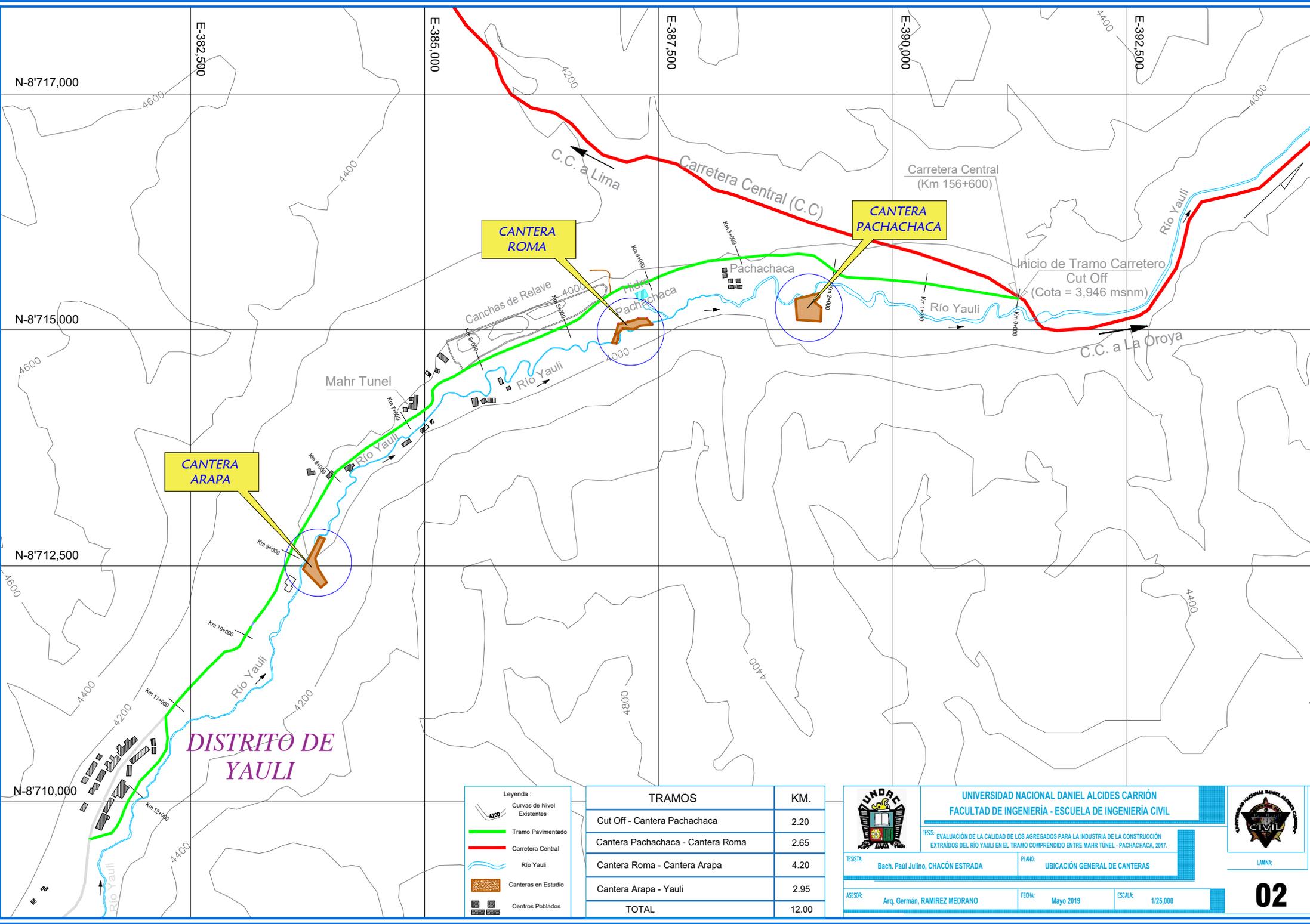
FECHA: Mayo 2019

ESCALA: Indicada



LÁMINA:

01



DISTRITO DE YAULI

Leyenda:

- Curvas de Nivel Existentes
- Tramo Pavimentado
- Carretera Central
- Rio Yauli
- Canteras en Estudio
- Centros Poblados

TRAMOS	KM.
Cut Off - Cantera Pachachaca	2.20
Cantera Pachachaca - Cantera Roma	2.65
Cantera Roma - Cantera Arapa	4.20
Cantera Arapa - Yauli	2.95
TOTAL	12.00



UNDFE

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EXTRAÍDOS DEL RÍO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL - PACHACHACA, 2017.



CIVIL

TESISTA: **Bach. Paul Julino, CHACÓN ESTRADA**

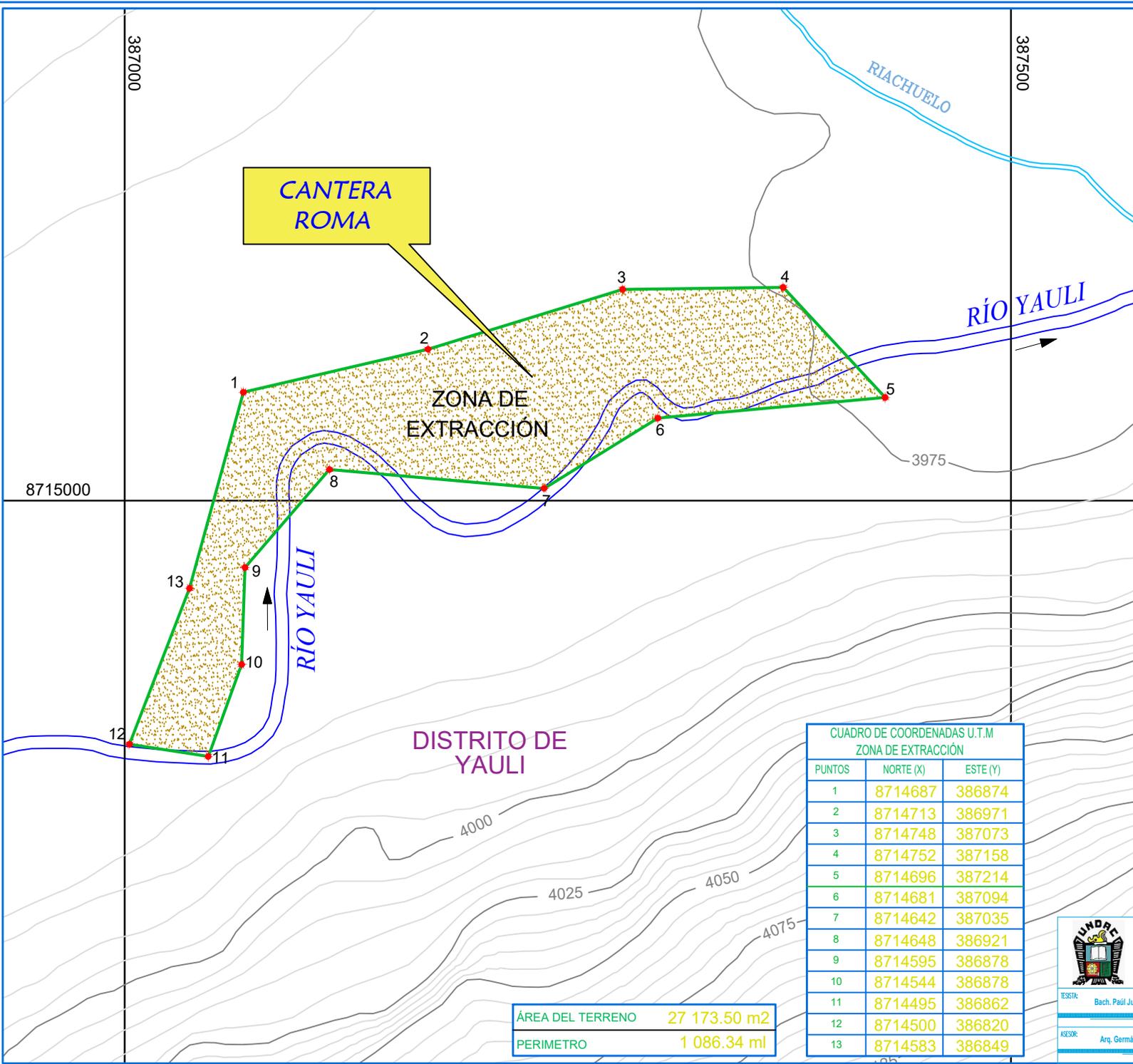
PLANO: **UBICACIÓN GENERAL DE CANTERAS**

ASESOR: **Arq. Germán, RAMÍREZ MEDRANO**

FECHA: **Mayo 2019**

ESCALA: **1/25,000**

02



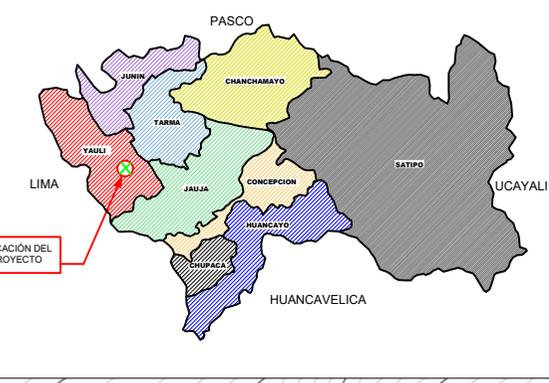
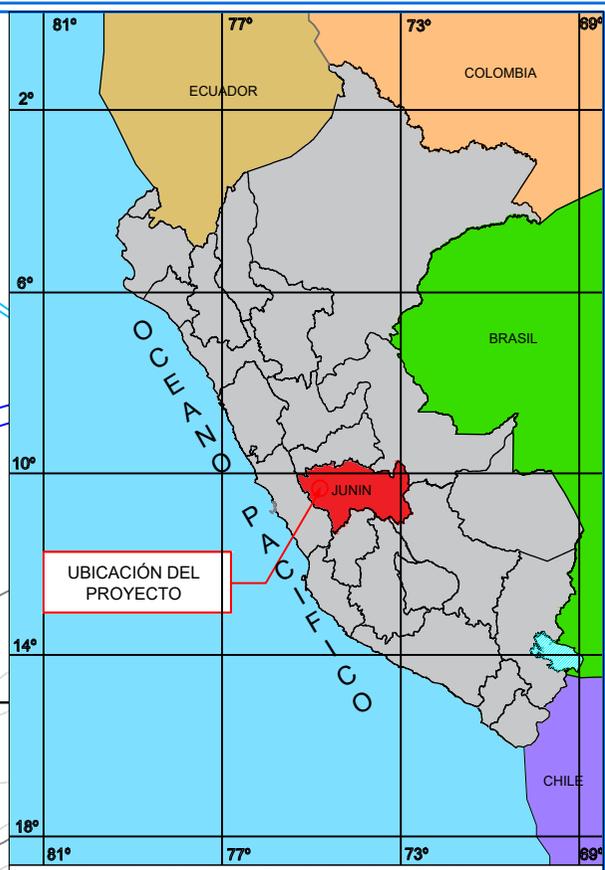
CANTERA ROMA

ZONA DE EXTRACCIÓN

DISTRITO DE YAULI

ÁREA DEL TERRENO 27 173.50 m²
 PERIMETRO 1 086.34 ml

CUADRO DE COORDENADAS U.T.M ZONA DE EXTRACCIÓN		
PUNTOS	NORTE (X)	ESTE (Y)
1	8714687	386874
2	8714713	386971
3	8714748	387073
4	8714752	387158
5	8714696	387214
6	8714681	387094
7	8714642	387035
8	8714648	386921
9	8714595	386878
10	8714544	386878
11	8714495	386862
12	8714500	386820
13	8714583	386849



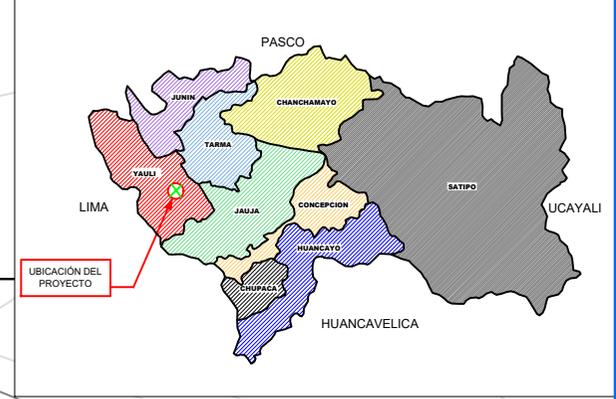
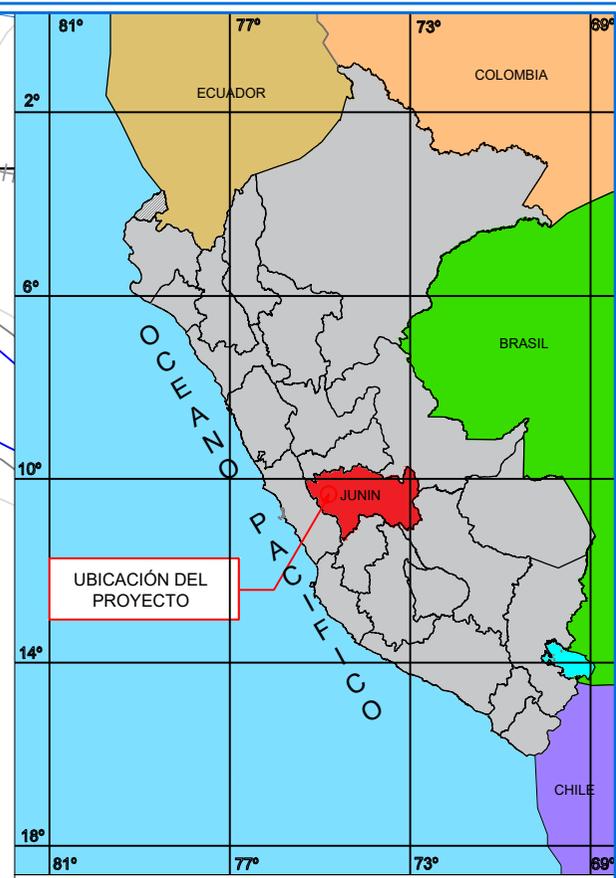
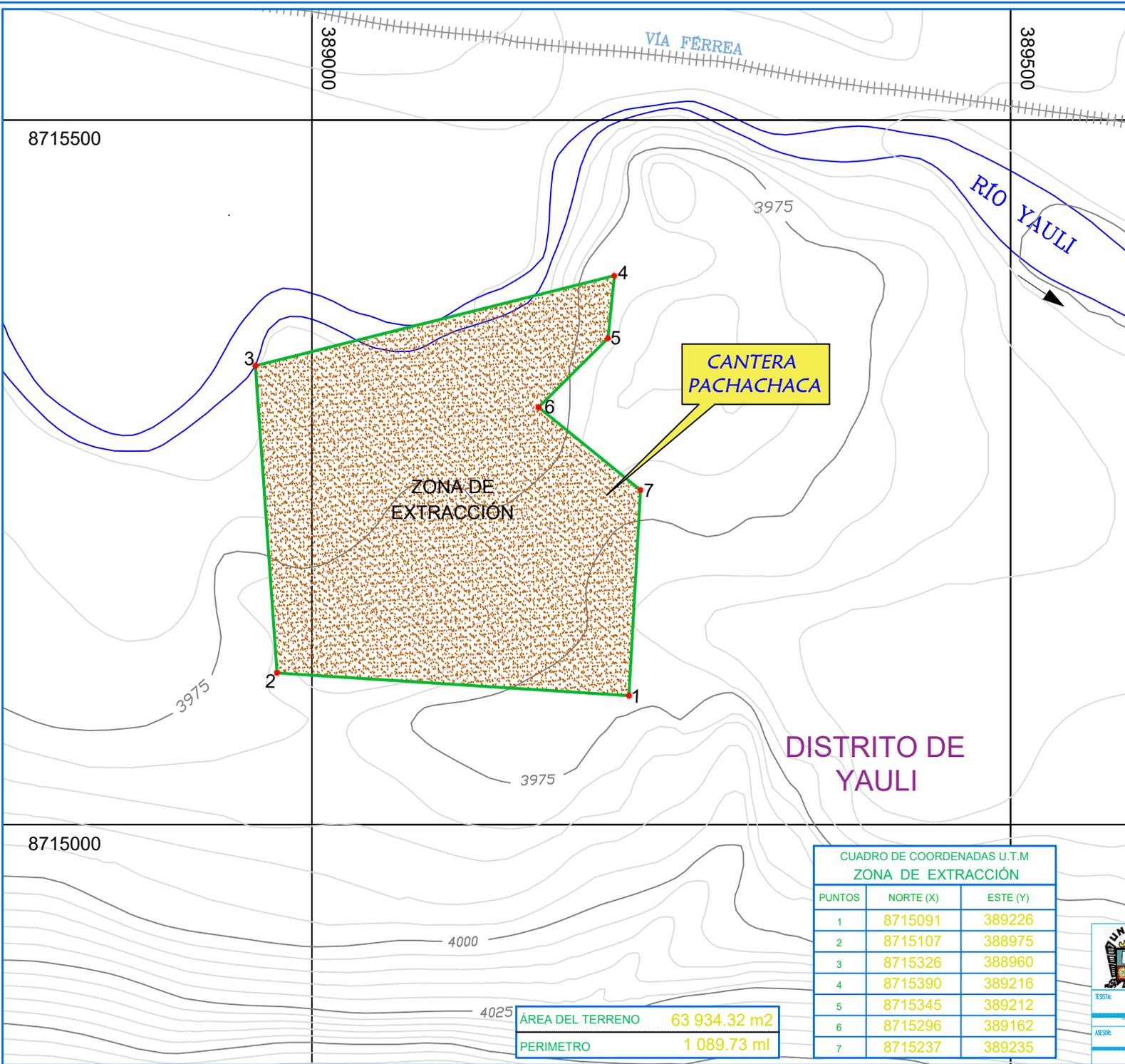
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EXTRADOS DEL RÍO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TÚNEL - PACHACHACA, 2017.

TESISTA: Bach. Paul Julino, CHACÓN ESTRADA PLANO: UBICACIÓN - CANTERA ROMA

ASesor: Arq. Germán, RAMÍREZ MEDRANO FECHA: Mayo 2019 ESCALA: 1:2,500

03



**CUADRO DE COORDENADAS U.T.M
ZONA DE EXTRACCIÓN**

PUNTOS	NORTE (X)	ESTE (Y)
1	8715091	389226
2	8715107	388975
3	8715326	388960
4	8715390	389216
5	8715345	389212
6	8715296	389162
7	8715237	389235

ÁREA DEL TERRENO	63 934.32 m ²
PERIMETRO	1 089.73 ml

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ES: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EXTRAIDOS DEL RÍO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL - PACHACHACA, 2017.

TESIS: Bach. Paúl Juliano, CHACÓN ESTRADA	PLAN: UBICACIÓN - CANTERA PACHACHACA	
ASOR: Arq. Germán, RAMÍREZ MEDRANO	FECH: Mayo 2019	ESCAL: 1:2,500

04

ANEXO B

RESULTADOS DE ENSAYOS:

CANTERA ROMA



CONTENIDO DE HUMEDAD

NTP 339.185

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN
EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
CANTERA AGREGADO GRUESO ROMA
ESTADO NATURAL
FECHA DE INICIO 18/07/2019
FECHA DE ENTREG, 25/07/2019

NTP 339.185

MUESTRA N° 1

PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARA	520
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO + TARA	515
TARA	72
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA - TARA	448
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO - TARA	443
CONTENIDO DE HUMEDAD	1.12



Mantza Mejía Chamorro
ing. Mantza Mejía Chamorro
CIP. N° 74226





CONTENIDO DE HUMEDAD

NTP 339.185

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN
EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
CANtera ARENA ROMA
ESTADO NATURAL
FECHA DE INICIO 18/07/2019
FECHA DE ENTREGA 25/07/2019

NTP 339.185

MUESTRA N° 1

PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARA	392.7
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO + TARA	370
TARA	276
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA - TARA	116.7
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO - TARA	94
CONTENIDO DE HUMEDAD	19.45


Ing. Maritza Mejía Chamorro
CIP. N° 74226



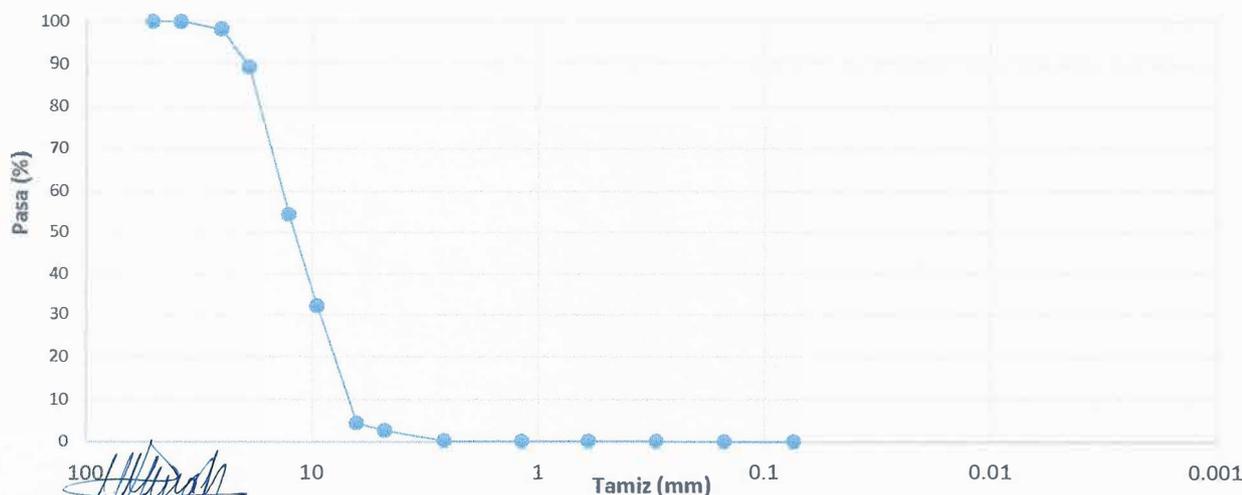
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Normas ASTM C 136 Y AASHTO T 27

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
 PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
 UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
 CANTERA AGREGADO GRUESO ROMA
 ESTADO NATURAL
 FECHA DE INICIO 18/07/2019
 FECHA DE ENTREGA 25/07/2019
 PESO INICIAL: 4310 Gr.
 FRACCION: 4310 Gr.

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULAD	% QUE PASA
2"	50.8	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	78.9	1.83	1.83	98.17
3/4"	19.05	382.9	8.88	10.71	89.29
1/2"	12.7	1504.1	34.90	45.61	54.39
3/8"	9.525	960.9	22.29	67.91	32.09
1/4"	6.35	1190	27.61	95.52	4.48
No 4	4.76	76.1	1.77	97.28	2.72
No 8	2.6	103.7	2.41	99.69	0.31
No 16	1.18	4.9	0.11	99.80	0.20
No 30	0.6	1.4	0.03	99.84	0.16
No 50	0.3	1	0.02	99.86	0.14
No 100	0.15	1.2	0.03	99.89	0.11
No 200	0.074	2.8	0.06	99.95	0.05
CAZOLETA	0	2.1	0.05	100.00	0.00
TOTAL		4310	100		

Granulometría



Ing. Mantza Mejía Chamorro
CIP. N° 74226



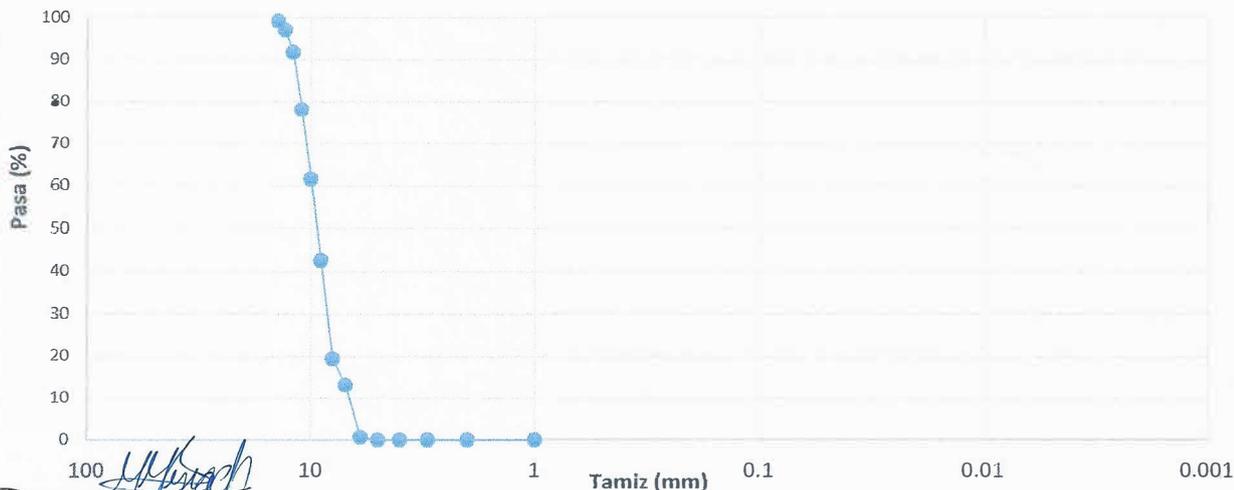
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Normas ASTM C 136 Y AASHTO T 27

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
 PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
 UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
 CANTERA ARENA ROMA
 ESTADO NATURAL
 FECHA DE INICIO 18/07/2019
 FECHA DE ENTREGA 25/07/2019
 PESO INICIAL: 3209 Gr.
 FRACCION: 3209 Gr.

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULAD	% QUE PASA
2"	50.8	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.7	2.2	0.07	0.07	99.93
3/8"	9.525	18.8	0.59	0.65	99.35
1/4"	6.35	398.8	12.43	13.08	86.92
No 4	4.76	202.3	6.30	19.39	80.61
No 8	2.6	746.7	23.27	42.66	57.34
No 16	1.18	609.9	19.01	61.66	38.34
No 30	0.6	528.4	16.47	78.13	21.87
No 50	0.3	437	13.62	91.75	8.25
No 100	0.15	171	5.33	97.07	2.93
No 200	0.074	66.8	2.08	99.16	0.84
CAZOLETA	0	27.1	0.84	100.00	0.00
TOTAL		3209	100		

Granulometría



Ing. Maritza Mejía Chamorro
CUR N° 74896



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION

Normas ASTM C 127 Y AASHTO T 85

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
CANTERA AGREGADO GRUESO ROMA
ESTADO NATURAL
FECHA DE INICIO 18/07/2019
FECHA DE ENTREGA 25/07/2019

I. DATOS

MUESTRA

1	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DEL BALON + PESO DEL AGUA	2150
2	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DEL BALON	2183
3	PESO DEL AGUA (W=1-2)	1765
4	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO + PESO DEL BALON	445
5	PESO DEL BALON	1320

II. RESULTADOS

1	PESO ESPECIFICO DE MASA (P.E.M.=A/(V-M))	2.49
2	PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFI. SECO (P.E.M.S.S.S.=V/(V-W))	2.53
3	PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A.=A/(V-W)-(V-A))	2.59
4	PORCENTAJE DE ABSORCION ((V-A)*100/A)	1.53


Ing. Maritza Mejía Chamorro
CIP. N° 74226





PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
Normas ASTM C 127 Y AASHTO T 85

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN
EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
CANTERA AGREGADO GRUESO ROMA
ESTADO NATURAL
FECHA DE INICIO 18/07/2019
FECHA DE ENTREGA 25/07/2019

I. DATOS

MUESTRA

1	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DEL BALON + PESO DEL AGUA	2150
2	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DEL BALON	2183
3	PESO DEL AGUA (W=1-2)	1765
4	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO + PESO DEL BALON	445
5	PESO DEL BALON	1320

II. RESULTADOS

1	PESO ESPECIFICO DE MASA (P.E.M.=A/(V-M))	2.49
2	PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFI. SECO (P.E.M.S.S.=V/(V-W))	2.53
3	PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A.=A/(V-W)-(V-A))	2.59
4	PORCENTAJE DE ABSORCION ((V-A)*100/A)	1.53



Maritza Mejía Chamorro
Ing. Maritza Mejía Chamorro
CIR. N° 74296





PESO UNITARIO
Normas ASTM C 29

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
CANTERA AGREGADO GRUESO ROMA
ESTADO NATURAL
FECHA DE INICIO 18/07/2019
FECHA DE ENTREGA 25/07/2019

I. PESO UNITARIO SUELTO SECO - PUSS

	M1
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + BALDE(Kg)	12.929
PESO DEL BALDE (Kg)	8.136
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (Kg)	4.793
CONSTANTE (1/VOL.MOLDE)	326.310
PESO UNITARIO SUELTO (Kg/m3)	1564.006

I. PESO UNITARIO COMPACTADO SECO - PUCS

	M1
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + BALDE(Kg)	13.331
PESO DEL BALDE (Kg)	8.136
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (Kg)	5.195
CONSTANTE (1/VOL.MOLDE)	326.310
PESO UNITARIO COMPACTADO (Kg/m3)	1695.182



M. Mejía Chamorro
Ing. Maritza Mejía Chamorro
CIP. N° 74226





PESO UNITARIO
Normas ASTM C 29

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
CANtera ARENA ROMA
ESTADO NATURAL
FECHA DE INICIO 18/07/2019
FECHA DE ENTREGA 25/07/2019

I. PESO UNITARIO SUELTO SECO - PUSS

	M1
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + BALDE(Kg)	12.839
PESO DEL BALDE (Kg)	8.136
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (Kg)	4.703
CONSTANTE (1/VOL.MOLDE)	326.310
PESO UNITARIO SUELTO (Kg/m3)	1534.638

I. PESO UNITARIO COMPACTADO SECO - PUCS

	M1
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + BALDE(Kg)	13.639
PESO DEL BALDE (Kg)	8.136
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (Kg)	5.503
CONSTANTE (1/VOL.MOLDE)	326.310
PESO UNITARIO COMPACTADO (Kg/m3)	1795.686


Ing. Maritza Mejía Chamorro
CIP. N° 74226





ABRASION LOS ANGELES

Normas ASTM C 131, AASHTO T 96 y ASTM C 535

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
CANTERA AAGREGADO GRUESO ROMA
ESTADO NATURAL
FECHA DE INICIO 18/07/2019
FECHA DE ENTREGA 25/07/2019

1	PESO DE LA MUESTRA SECA	4999
2	PESO DE LA MUESTRA SECA DESPUES ENSAYO	3776
3	% DE DESGASTE = $100(P1-P2)/P1$	24.46489298



Ing. Maritza Mejía Chamorro
Ing. Maritza Mejía Chamorro
CIP. N° 74226



ANEXO C

RESULTADOS DE ENSAYOS:

CANTERA PACHACHACA



CONTENIDO DE HUMEDAD

NTP 339.185

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN
EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
CANTERA AGREGADO GRUESO PACHACHACA
ESTADO NATURAL
FECHA DE INICIO 18/07/2019
FECHA DE ENTREGA 25/07/2019

NTP 339.185

MUESTRA N° 1

PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARA	605
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO + TARA	602
TARA	28.56
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA - TARA	576.44
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO - TARA	573.44
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.52



Ing. Maritza Mejía Chamorro
Ing. Maritza Mejía Chamorro
CIP. N° 74226





CONTENIDO DE HUMEDAD

NTP 339.185

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN
EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
CANTERA ARENA PACHACHACA
ESTADO NATURAL
FECHA DE INICIO 18/07/2019
FECHA DE ENTREGA 25/07/2019

NTP 339.185

MUESTRA N° 1

PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARA	404.2
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO + TARA	391
TARA	30.25
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA - TARA	373.95
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO - TARA	360.75
CONTENIDO DE HUMEDAD	3.53



Mantza Mejia Chamorro
Ing. Mantza Mejia Chamorro
CIP. N° 74226



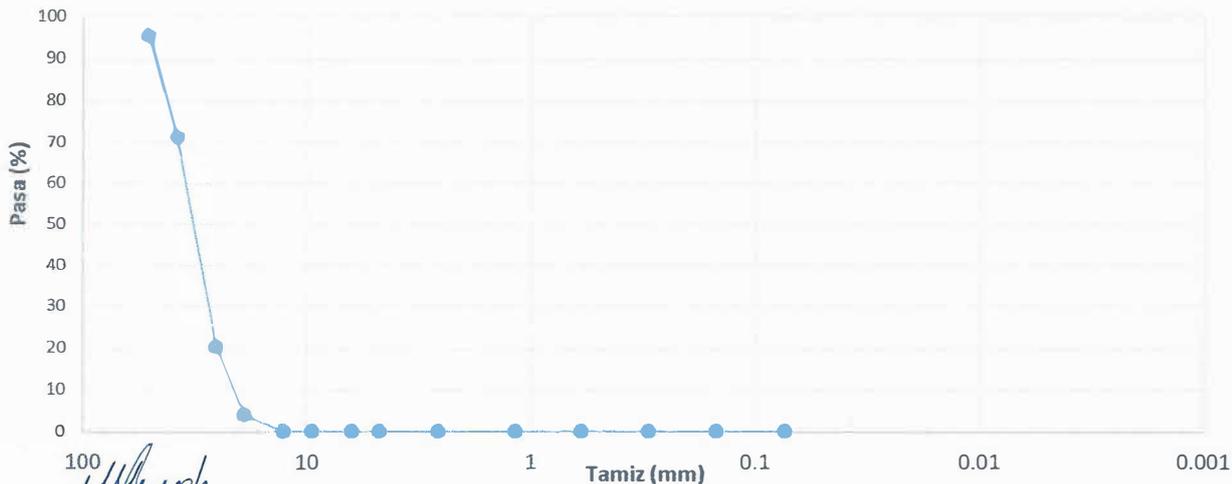
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Normas ASTM C 136 Y AASHTO T 27

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
 PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
 UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
 CANTERA AGREGADO GRUESO PACHACHACA
 ESTADO NATURAL
 FECHA DE INICIO 18/07/2019
 FECHA DE ENTREGA 25/07/2019
 PESO INICIAL: 8694 Gr.
 FRACCION: 8694 Gr.

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULAD	% QUE PASA
2"	50.8	409	4.70	4.70	95.30
11/2"	38.1	2096	24.11	28.81	71.19
1"	25.4	4430	50.95	79.77	20.23
3/4"	19.05	1418	16.31	96.08	3.92
1/2"	12.7	336	3.86	99.94	0.06
3/8"	9.525	5	0.06	100.00	0.00
1/4"	6.35	0	0.00	100.00	0.00
No 4	4.76	0	0.00	100.00	0.00
No 8	2.6	0	0.00	100.00	0.00
No 16	1.18	0	0.00	100.00	0.00
No 30	0.6	0	0.00	100.00	0.00
No 50	0.3	0	0.00	100.00	0.00
No 100	0.15	0	0.00	100.00	0.00
No 200	0.074	0	0.00	100.00	0.00
CAZOLETA	0	0	0.00	100.00	0.00
TOTAL		8694	100		

Granulometría



Ing. Maritza Mejía Chamorro

Of.: (064) 750 083
 Cel.: 938 555 895
 Cel.: 922 397 343

Laboratorio: Jr. Grau N° 211 (Ref. Frente al Parque Puzo – Intersección de la Av. Leoncio Prado con Av. Ferrocarril) – Chilca – Huancayo – Junín.

Directorio Electrónico:
 Email: cisacperu.eirl@gmail.com
 Redes Sociales:
 Facebook: cisacperu



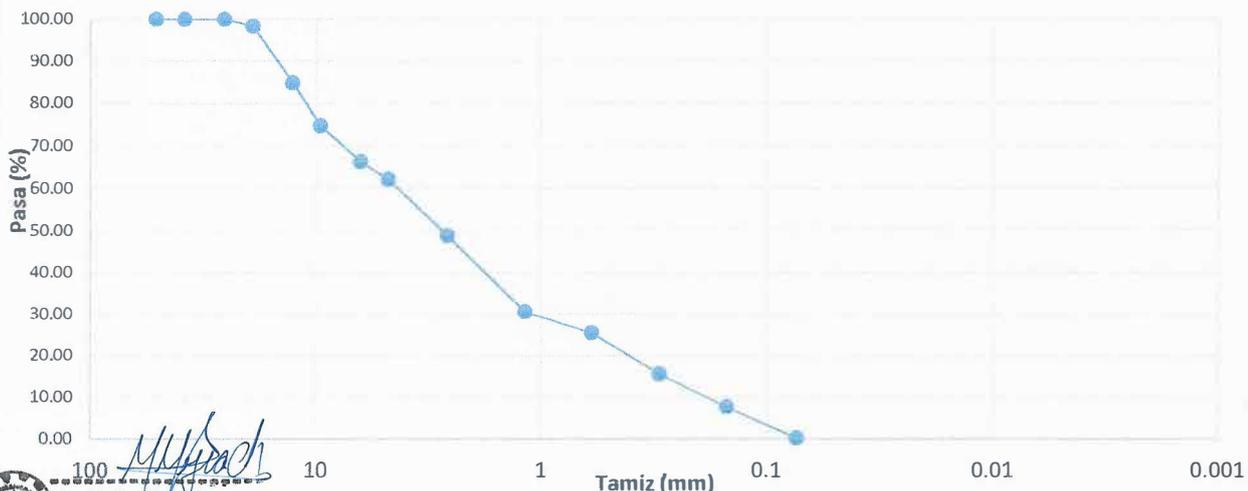
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Normas ASTM C 136 Y AASHTO T 27

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
CANTERA ARENA PACHACHACA
ESTADO NATURAL
FECHA DE INICIO 18/07/2019
FECHA DE ENTREGA 25/07/2019
PESO INICIAL: 4904 Gr.
FRACCION: 4904 Gr.

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.8	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	81.9	1.67	1.67	98.33
1/2"	12.7	662.2	13.50	15.17	84.83
3/8"	9.525	488.9	9.97	25.14	74.86
1/4"	6.35	420	8.56	33.71	66.29
No 4	4.76	202.1	4.12	37.83	62.17
No 8	2.6	651.4	13.28	51.11	48.89
No 16	1.18	897.8	18.31	69.42	30.58
No 30	0.6	242.8	4.95	74.37	25.63
No 50	0.3	489.4	9.98	84.35	15.65
No 100	0.15	395.4	8.06	92.41	7.59
No 200	0.074	359	7.32	99.73	0.27
CAZOLETA	0	13.1	0.27	100.00	0.00
TOTAL		4904	100		

Granulometría



Ing. Maritza Mejía Chamorro
CIP. N° 74226





Normas ASTM C 127 Y AASHTO T 85

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN
EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
CANTERA AGREGADO GRUESO PACHACHACA
ESTADO NATURAL
FECHA DE INICIO 18/07/2019
FECHA DE ENTREGA 25/07/2019

I. DATOS

MUESTRA

1	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (A)	5235
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (B)	5340
3	PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA + PESO DE LA CANASTILLA EN H2O	3758
4	PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA	445
5	PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA (C)	3313

II. RESULTADOS

1	PESO ESPECIFICO DE MASA (P.E.M.=A/(B-C))	2.58
2	PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (P.E.M.S.S.=B/(B-C))	2.63
3	PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A.=A/(A-C))	2.72
4	PORCENTAJE DE ABSORCION ((B-A)*100/A)	2.01



Maritza Mejía Chamorro
Ing. Maritza Mejía Chamorro
CIP. N° 74226





PESO ESPECIFICO Y ABSORCION

Normas ASTM C 127 Y AASHTO T 85

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN
EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
CANTERA ARENA PACHACHACA
ESTADO NATURAL
FECHA DE INICIO 18/07/2019
FECHA DE ENTREGA 25/07/2019

I. DATOS

MUESTRA

1	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DEL BALON + PESO DEL AGUA	1174.7
2	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DEL BALON	866.9
3	PESO DEL AGUA (W=1-2)	517.8
4	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO + PESO DEL BALON	857.6
5	PESO DEL BALON	366.9
6	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO (A=4-5)	700.7
7	VOLUMEN DEL BALON V=	710

II. RESULTADOS

1	PESO ESPECIFICO DE MASA (P.E.M.=A/(V-M))	3.65
2	PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFI. SECO (P.E.M.S.S.=V/(V-W))	3.69
3	PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A.=A/(V-W)-(V-A))	3.83
4	PORCENTAJE DE ABSORCION ((V-A)*100/A)	1.33



MM
Ing. Maritza Mejía Chamorro
CIP. N° 74226





PESO UNITARIO
Normas ASTM C 29

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
CANTERA AGREGADO GRUESO PACHACHACA
ESTADO NATURAL
FECHA DE INICIO 18/07/2019
FECHA DE ENTREGA 25/07/2019

I. PESO UNITARIO SUELTO SECO - PUSS

	M1
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + BALDE(Kg)	12.739
PESO DEL BALDE (Kg)	8.136
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (Kg)	4.603
CONSTANTE (1/VOL.MOLDE)	326.310
PESO UNITARIO SUELTO (Kg/m3)	1502.007

I. PESO UNITARIO COMPACTADO SECO - PUCS

	M1
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + BALDE(Kg)	13.098
PESO DEL BALDE (Kg)	8.136
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (Kg)	4.962
CONSTANTE (1/VOL.MOLDE)	326.310
PESO UNITARIO COMPACTADO (Kg/m3)	1619.152



Ing. Mañiza Mejía Chamorro
CIP. N° 74226





PESO UNITARIO
Normas ASTM C 29

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN
EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
CANTERA ARENA PACHACHACA
ESTADO NATURAL
FECHA DE INICIO 18/07/2019
FECHA DE ENTREGA 25/07/2019

I. PESO UNITARIO SUELTO SECO - PUSS

	M1
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + BALDE(Kg)	13.746
PESO DEL BALDE (Kg)	8.136
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (Kg)	5.610
CONSTANTE (1/VOL.MOLDE)	326.310
PESO UNITARIO SUELTO (Kg/m3)	1830.601

I. PESO UNITARIO COMPACTADO SECO - PUCS

	M1
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + BALDE(Kg)	14.276
PESO DEL BALDE (Kg)	8.136
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (Kg)	6.140
CONSTANTE (1/VOL.MOLDE)	326.310
PESO UNITARIO COMPACTADO (Kg/m3)	2003.546


Ing. Maritza Mejía Chamorro
CIP. N° 74226





DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO
Normas ASTM D 5821 C 88 Y AASHTO T 104

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN
EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
CANTERA ROMA / PACHACHACA
ESTADO NATURAL
FECHA DE INICIO 18/07/2019
FECHA DE ENTREGA 25/07/2019

		PESO INICIAL	ITERACION 01	ITERACION 02
CALICATA ROMA	ARENA	1980	1978	1978
	A. GRUESO	2173	2165	2164.5
CALICATA PACHACHACA	ARENA	1540	1539	1539
	A. GRUESO	5098	5091	5090.84



Maritza Mejía Chamorro
Ing. Maritza Mejía Chamorro
CIP. N° 74226





IMPUREZAS ORGANICAS

Normas ASTM D 5821

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN
EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
CANTERA ARENA ROMA / PACHACHACA
ESTADO NATURAL
FECHA DE INICIO 18/07/2019
FECHA DE ENTREGA 25/07/2019

ENSAYO CUALITATIVO DE MEDICION DE IMPUREZA

	COLOR GARDNER	PLACA ORGANICA
ARENA C - ROMA	5	1
ARENA C - PACHACHACA	8	2


Ing. Mantza Mejía Chamorro
CIP. N° 74226





ABRASION LOS ANGELES

Normas ASTM C 131, AASHTO T 96 y ASTM C 535

PETICIONARIO "BACH. PAÚL JULINO, CHACÓN ESTRADA"
PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EXTRAIDOS DEL RIO YAULI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MAHR TUNEL – PACHACHACA, 2017"
UBICACIÓN YAULI - YAULI - JUNIN
CANTERA AGREGADO GRUESO PACHACHACA
ESTADO NATURAL
FECHA DE INICIO 18/07/2019
FECHA DE ENTREGA 25/07/2019

1	PESO DE LA MUESTRA SECA	10006
2	PESO DE LA MUESTRA SECA DESPUES ENSAYO	8449
3	% DE DESGASTE = $100(P1-P2)/P1$	15.5606636


Ing. Maritza Mejía Chamorro
CIP. N° 74226



ANEXO D
PANEL FOTOGRÁFICO



Figura F.1 Explotación a cielo abierto con cargador frontal - cantera Pachachaca.



Figura F.2 Zarandeo de material extraído del río Yauli – cantera Roma.



Figura F.3 Recojo de muestras de material zarandeado para realización de ensayos – cantera Roma.



Figura F.4 Recojo de muestras de material zarandeado para realización de ensayos – cantera Roma.



Figura F.5 Recojo de muestras de material zarandeado para realización de ensayos – cantera Pachachaca.



Figura F.6 Recojo de muestras de material zarandeado para realización de ensayos – cantera Pachachaca.



Figura F.7 Muestras de material en el laboratorio CISACPERU.

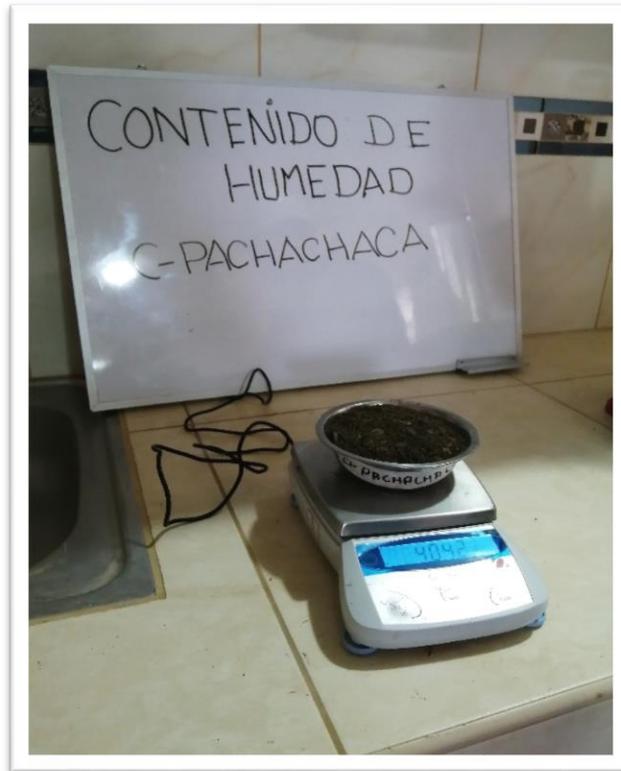


Figura F.8 Contenido de humedad (agregado fino).



Figura F.9 Contenido de humedad (agregado grueso).

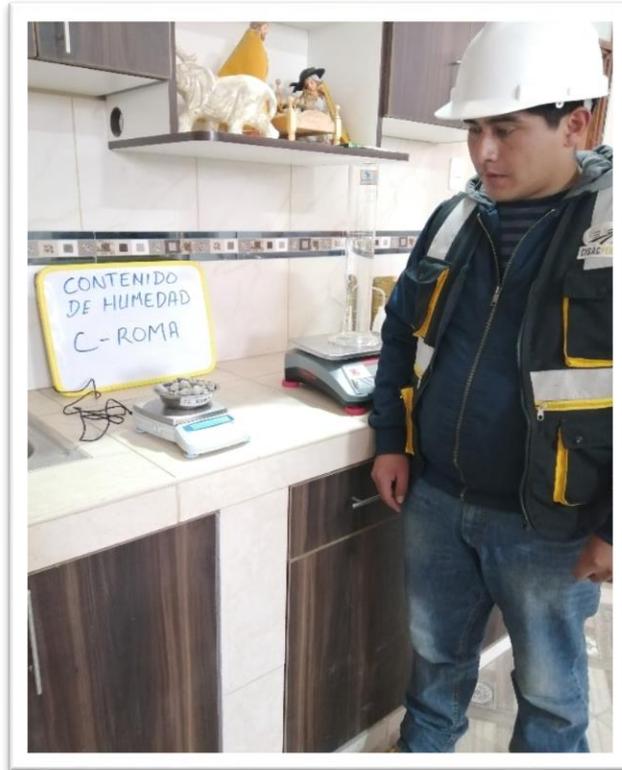


Figura F.10 Contenido de humedad (agregado grueso).



Figura F.11 Secado de las muestras mediante horno eléctrico.



Figura F.12 Impurezas organicas en el agregado fino.



Figura F.13 Impurezas organicas en el agregado fino.



Figura F.14 Muestra seca para hallar la absorción del agregado fino – cantera Roma.



Figura F.15 Muestra sumergida para la absorción del agregado fino – cantera Roma.



Figura F.16 Cuarteo del agregado grueso para absorción – cantera Roma.



Figura F.17 Absorción del agregado grueso – cantera Roma.



Figura F.18 Absorción del agregado fino - cantera Pachachaca.



Figura F.19 Absorción del agregado grueso – cantera Pachachaca.



Figura F.20 Peso Unitario suelto del agregado fino – cantera Roma.



Figura F.21 Peso Unitario suelto del agregado grueso – cantera Roma.



Figura F.22 Peso Unitario compactado del agregado fino – cantera Roma.



Figura F.23 Peso Unitario compactado del agregado grueso – cantera Roma.



Figura F.24 *Peso Unitario suelto del agregado fino – cantera Pachachaca.*



Figura F.25 *Peso Unitario suelto del agregado grueso – cantera Pachachaca.*

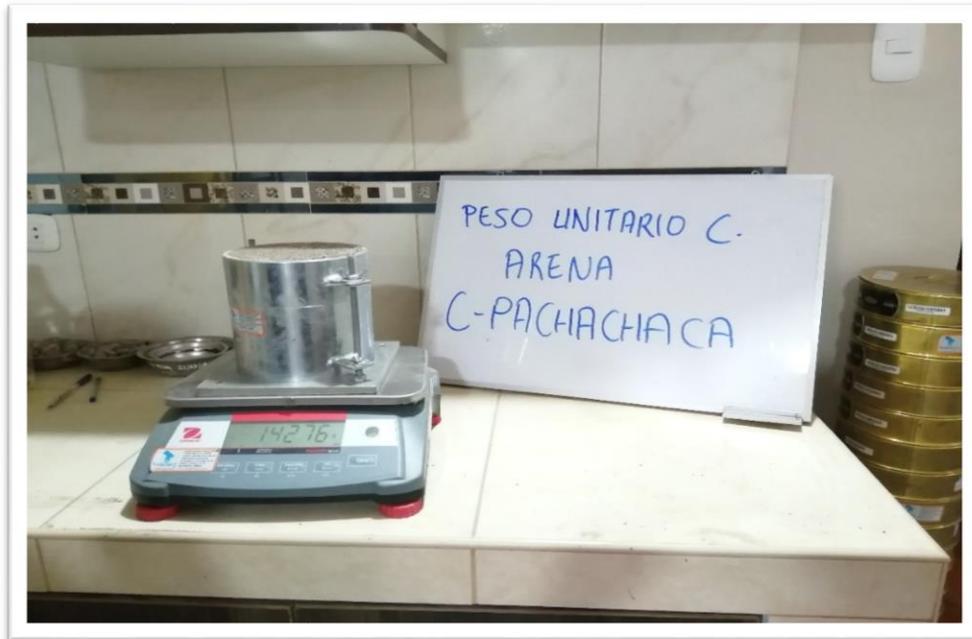


Figura F.26 Peso Unitario compactado del agregado fino – cantera Pachachaca.



Figura F.27 Peso Unitario compactado del agregado grueso – cantera Pachachaca.



Figura F.28 Cuarteo para la granulometría del agregado fino – cantera Roma.



Figura F.29 Análisis granulométrico del agregado fino – cantera Roma.



Figura F.30 Cuarteo para la granulometría del agregado grueso – cantera Roma.



Figura F.31 Granulometría del agregado grueso – cantera Roma.



Figura F.32 Cuarteo para la granulometria del agregado fino – cantera Pachachaca.



Figura F.33 Granulometria del agregado fino – cantera Pachachaca.



Figura F.34 Cuarteo para la granulometría del agregado grueso – cantera Pachachaca.



Figura F.35 Granulometría del agregado grueso – cantera Pachachaca.



Figura F.36 Preparación de la muestra (agregado grueso) para la abrasión – cantera Roma.



Figura F.37 Preparación de la muestra (agregado grueso) para la abrasión – cantera Roma.



Figura F.38 Ensayo de Abrasión utilizando la máquina de los Angeles – cantera Roma.

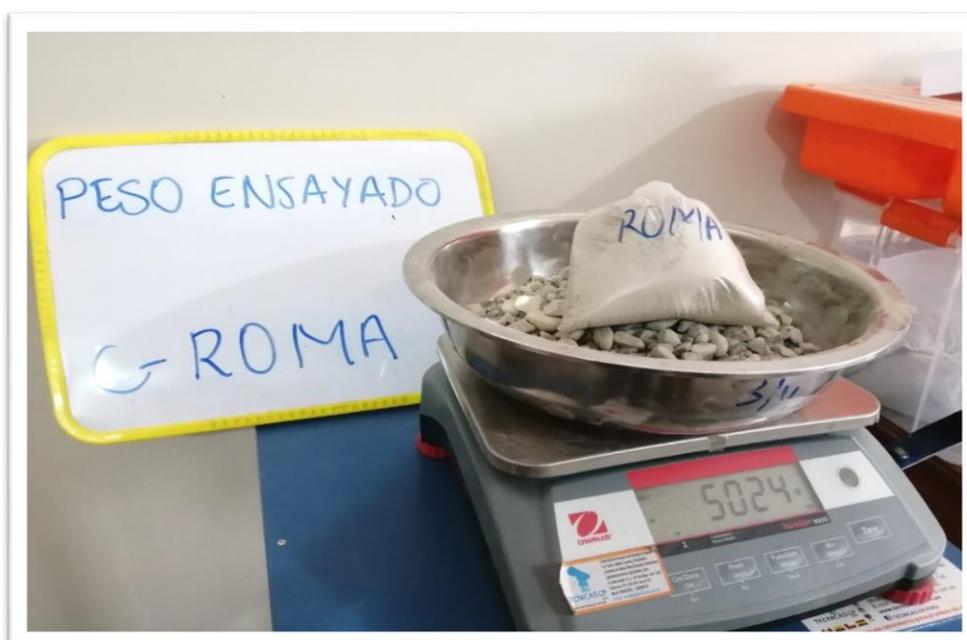


Figura F.39 Muestra del agregado grueso después del ensayo de Abrasión – cantera Roma.

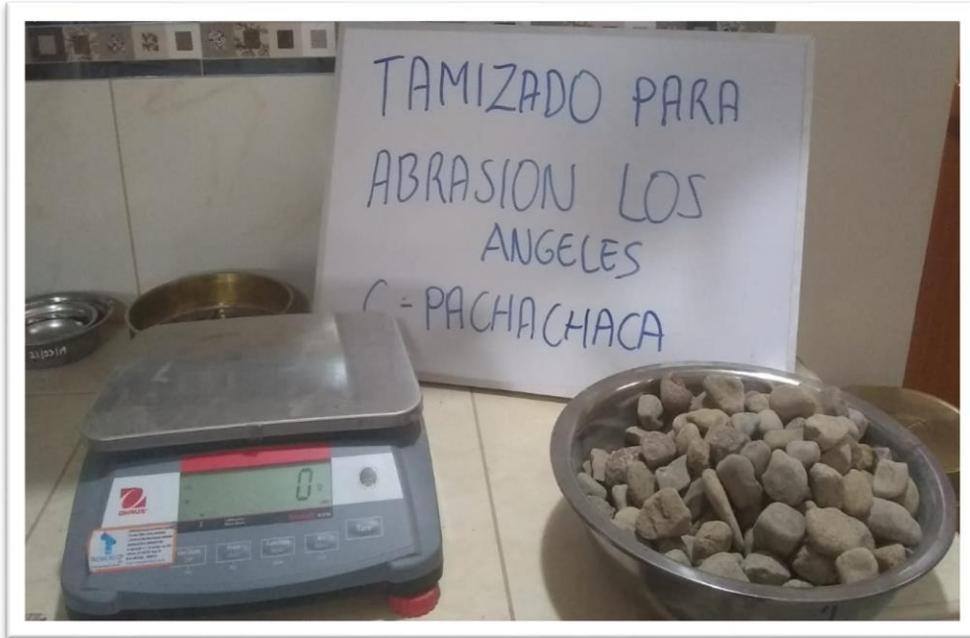


Figura F.40 Preparación de la muestra (agregado grueso) para la abrasión – cantera Pachachaca.



Figura F.41 Preparación de la muestra (agregado grueso) para la abrasión – cantera Pachachaca.



Figura F.42 Ensayo de Abrasión utilizando la máquina de los Angeles – Cantera Pachachaca.



Figura F.43 Muestra del agregado grueso después del ensayo de Abrasión – cantera Pachachaca.

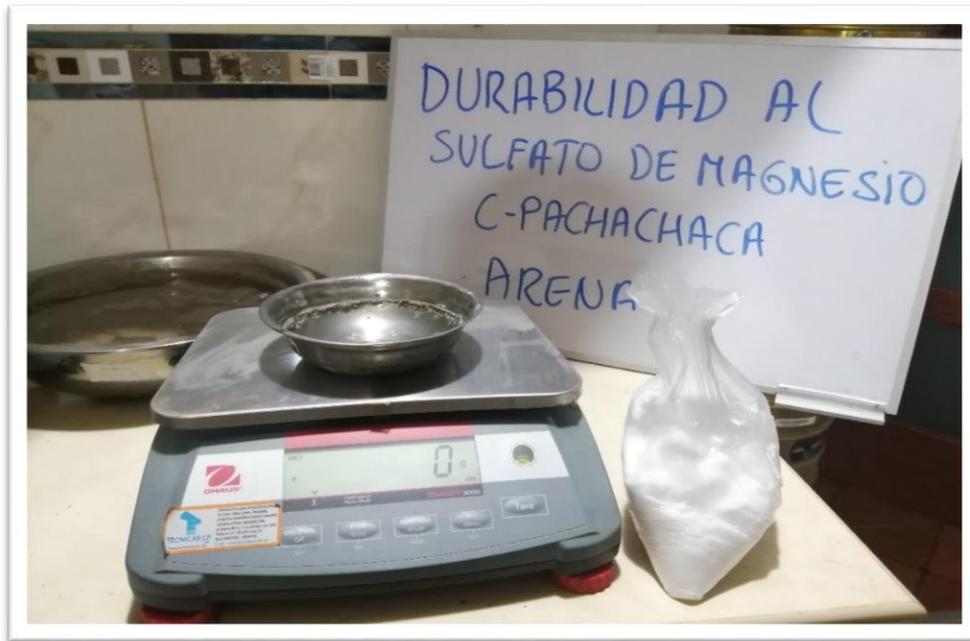


Figura F.44 Ensayo de Durabilidad con Sulfato de Magnesio – cantera Pachachaca.



Figura F.45 Ensayo de Durabilidad con Sulfato de Magnesio – cantera Roma.