

DOI: <https://doi.org/10.52428/20758944.v12i37.674>

Artículo Científico

## MAPEO DE YACIMIENTOS Y PROSPECCIÓN DE ÁRIDOS PARA MEZCLAS DE HORMIGÓN - FASE II

### RESERVOIR MAPPING AND SURVEY OF AGGREGATES FOR CONCRETE MIXER - PHASE II

Luis F. Portillo Terán (1)

#### RESUMEN

El presente artículo es el resultado de la investigación y estudios de los áridos en los sitios de explotación de los valles: alto, bajo y central del Departamento de Cochabamba. Como referencia en la Fase I se investigaron las propiedades de los áridos en 10 yacimientos, durante las gestiones: 2004 al 2008. Los yacimientos son: Parotani, Pankuruma, Viloma, Khora, Pahirumani, El Paso, Tolavi, Cliza, Sacaba y Punata.

En la Fase II se continuó con el estudio solo en los yacimientos clasificados como los principales, durante la gestión 2009 hasta el año 2013, los yacimientos catalogados son: Parotani, Pankuruma, Khora, El Paso y Paracaya-Punata.

El estudio de estos depósitos aluviales ha permitido establecer la calidad y cantidad de áridos que se encuentran depositados en el lecho de río (Área de estudio) de los yacimientos citados, obteniéndose muestras representativas de áridos de cada depósito.

El resultado final destaca el yacimiento con mejor agregado para el uso en mezclas de hormigón, cumplimiento las normas internacionales de la American Society For Testing Materials (ASTM) vigentes en nuestro país.

Cabe destacar que en el presente proyecto participaron diversos grupos de estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad del Valle, quienes adquirieron experiencia en la prospección de yacimientos de áridos, desarrollando metodologías de descripción litológica en la toma de muestras representativas de agregados "in situ" y su posterior análisis en laboratorio.

**Palabras clave:** Hormigones. Yacimientos. Agregados. Áridos.

#### ABSTRACT

This article is the result of the research and studies of the aggregates in various sites of exploitation of the high, low and center valleys of the Department of Cochabamba. As a reference, in the Phase I of the project we investigated the properties of the aggregates in 10 deposits, during the years 2004 to 2008 the survey was made in the following deposits: Parotani, Pankuruma, Viloma, Khora, Pahirumani, Step, Tolavi, Cliza, Sacaba and Punata.

In Phase II the study continues only in the best deposits classified as the main, during the 2009 management until the year 2013, the excavations cataloged are: Parotani, Pankuruma, Khora, Step and Paracaya-Punata. The study of these alluvial deposits has allowed establishing the quality and quantity of aggregates that are deposited in the riverbed (area of study) deposits, cited, obtaining representative samples of aggregates of each tank.

The final result exteriorized the site more efficient for use in concrete mixes, compliance with the international standards of the American Society for Testing and Materials (ASTM) in force in our country.

It was also supported by a database with the physical and mechanical properties of these deposits it should be noted that in the present project involved various groups of students of the career of Civil Engineering of the Universidad del Valle, who gained experience in the exploration of aggregates, developing methodologies and lithologic description in the samples repre-

Páginas 40 a 49

Fecha de recepción: 11/12/14

Fecha de aprobación: 01/03/16

1. Constructor Civil. Univalle Cochabamba.  
lportillot@univalle.edu

sentative of added "in situ" and its posterior analysis in the lab.

**Keywords:** Concretos. Deposit. Aggregates. Sand and Gravel.

## INTRODUCCIÓN O ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

La demanda de los áridos para la elaboración de los hormigones de calidad en nuestro medio es un problema existente por mucho tiempo, ya que las viviendas, edificios y avenidas con pavimento rígido son las estructuras que más requieren de estos materiales.

Por otro lado la inexistencia de estudios específicos sobre estos áridos en nuestro medio hacen que la utilización inadecuada del uso de los agregados provenientes de diferentes yacimientos del valle alto, central y valle bajo hacen que los hormigones elaborados con áridos extraídos sin ninguna certificación de calidad, tengan resistencias bajas de durabilidad

El crecimiento actual en el sector de la construcción significó un importante incremento del uso del hormigón (mezcla de árido grueso, árido finos, cemento y agua) en el área metropolitana de Cochabamba y las provincias aledañas.

Por este motivo, se realizaron estos estudios para conformar una base de datos con las propiedades físicas y mecánicas de estos agregados de los mencionados yacimientos.

## LOS ÁRIDOS

Se denomina genéricamente "árido" a los pequeños trozos de roca de tipo granular extraídos de una cantera o depósito natural transportados por medios fluvio lacustre (depósitos en los ríos).

Los áridos son una de las materias primas fundamentales para el sector de la ingeniería civil, utilizando en estructuras muy importantes como el hormigón simple y hormigón armado; Como áridos, para el uso de mezclas de hormigón, pueden emplearse gravas naturales, gravillas y arenas, que proviene de ríos transportados por aluviones naturales (cantos rodados). La clasificación de los áridos por el tamaño de los mismos varía de una región a otra y pueden ser aceptados los siguientes:

Se clasifican de acuerdo al siguiente criterio:

- **Bolón:** Árido cuyas partículas tienen tamaños de 200 a 300 mm. de diámetro

- **Grava:** Árido cuyas partículas tienen tamaños comprendidos entre 20 y 40 mm.

- **Gravilla:** Árido cuyas partículas tienen tamaños comprendidos entre 5 y 20 mm.

- **Arena:** Árido cuyas partículas tienen tamaños comprendidos entre 0.16 y 5 mm.

Las sustancias perjudiciales en los áridos finos son las arcillas, limos y material orgánico. La forma de los granos tiene influencia en la calidad del hormigón. Las más recomendables son las angulosas, sub redondeadas.

## OBJETIVO GENERAL

El presente proyecto pretende evaluar la calidad de los agregados extraídos de los yacimientos según las normas internacionales ASTM, que deben ser cumplidas estrictamente de acuerdo a los parámetros de tolerancia establecidos, asimismo se analizaron las características físicas y mecánicas de los agregados, en forma cualitativa y cuantitativa.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efectuar los trabajos de prospección por medio de excavación de calicatas a cielo abierto.

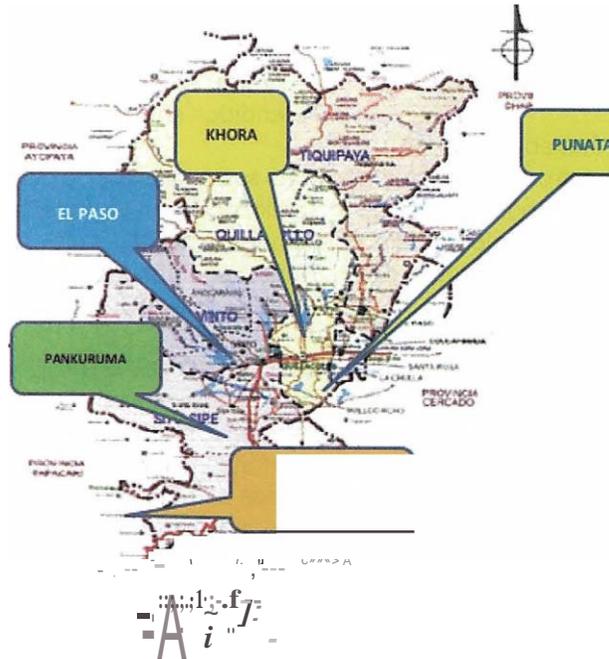
- Efectuar la extracción de muestras representativas de áridos gruesos y finos, de los acopios de las calicatas.

- Realizar los ensayos correspondientes a las muestras de los áridos en laboratorio de hormigones para establecer las propiedades y características físicas y mecánicas de los agregados.

- Cuantificar los volúmenes útiles de áridos de los yacimientos estudiados.

- Desarrollar en los estudiantes competencias que permitan un mejor aprovechamiento del aprendizaje en la elaboración de hormigones, de acuerdo a procedimientos establecidos en nuestras guías de práctica.

**UBICACIÓN DEL AREA DEL PROYECTO:  
Localización y ubicación geográfica**  
Figura Nº 1. Localización y ubicación geográfica



Fuente: Elaboración propia 2014.

**METODOLOGÍA DE CAMPO**

Figura Nº 2. Traslado al sitio de estudio

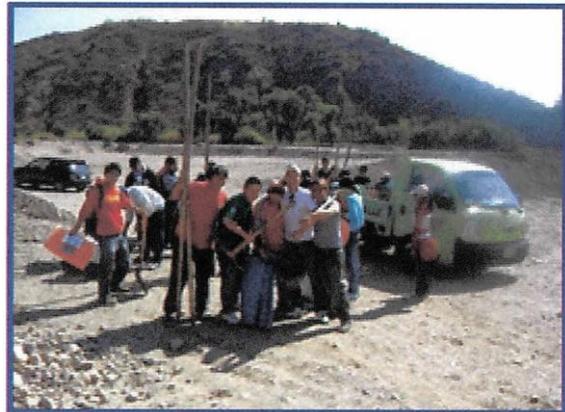


Fuente: Elaboración propia 2014.

Se conformaron frentes de trabajo compuestos por grupos de estudiantes distribuidos aguas arriba y abajo del camino de acceso (de 3 a 5 Km aproximadamente), para la excavación de calcatas a cielo abierto. Asimismo se organizaron brigadas de estudiantes para realizar el levantamiento topográfico de la zona de estudio.

Para realizar el trabajo de extracción y recolección de muestras se utilizó equipo de seguridad y herramientas de trabajo y equipos de Topografía.

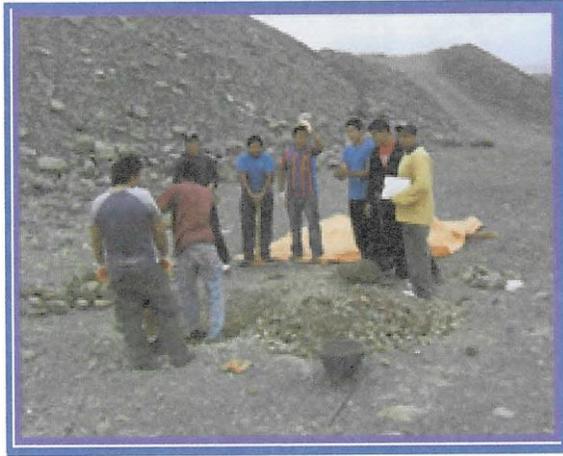
Figura Nº 3. Entrega de herramientas e implementos de seguridad



Fuente: Elaboración propia 2014

Para el trabajo de extracción y recolección de muestras se utilizó equipo de seguridad y herramientas de trabajo y equipos de Topografía.

**Figura Nº 4. Excavación**



*Fuente: Elaboración propia. 2014.*

Se hicieron las excavaciones de los pozos (caicatas a cielo abierto) de 1.60 m a 200 m. de profundidad X 0.80 a 1.20 m. de ancho X 1.5 aproximadamente, de estos pozos se desenterró material para ser debidamente reducido por medio del cuarteo obteniendo una muestra representativa de toda la excavación, para su posterior traslado a la Universidad (Laboratorio de Hormigones).

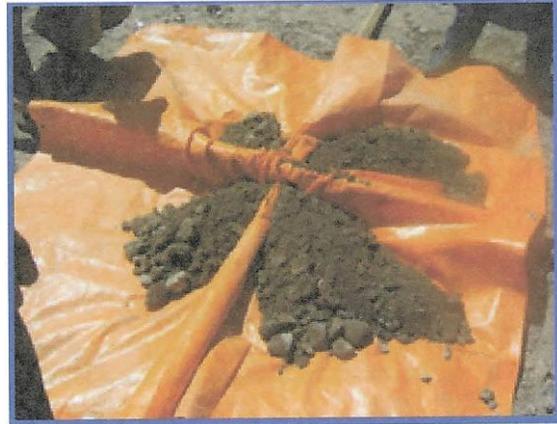
**Figura Nº 5. Selección de los materiales que conforman el yacimiento**



*Fuente: Elaboración propia. 2014.*

Para asumir la representación de los diferentes tamaños de los áridos materiales extraídos de los pozos que conforman el yacimiento, se procedió a seleccionarlos por tamaños para cuantificar el volumen útil existente dentro del área de estudio de los áridos.

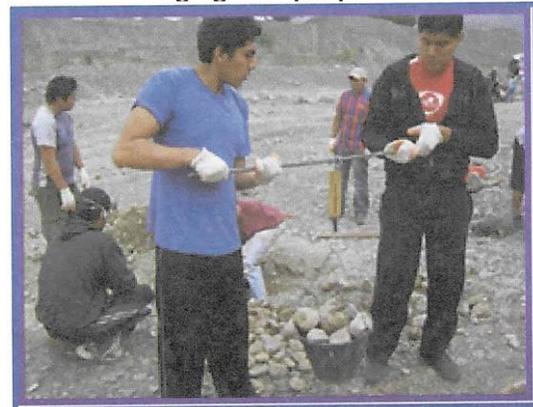
**Figura Nº 6. Cuarteo de los agregados grueso y fino**



*Fuente: Elaboración propia. 2014.*

Se procedió al cuarteo, que consiste en reducir una muestra que sea representativa del acopio excavado, por medio del método de la lona que consiste en utilizar 2 listones de madera en forma de cruz y por encima una lona para dividir el material.

**Figura Nº 7. La medida de los agregados por peso**



*Fuente: Elaboración propia. 2014.*

Este procedimiento se realizó varias veces, con el material extraído del pozo, para determinar la cantidad de material que tiene el pozo tomando en cuenta todos los tamaños seleccionados.

**Figura N° 8. Embolsado del material para su traslado al laboratorio**



Fuente: Elaboración propia 2014.

**METODOLOGÍA EN LABORATORIO**

Las muestras obtenidas se procesaron en el laboratorio de Hormigones de la Universidad, de acuerdo a normas vigentes de la ASTM. Se realizaron los siguientes ensayos:

**Tabla N° 1**

ENSAYO	DESIGNACIÓN ASTM
Gradación de los agregados (fino y grueso)	C-136
Peso específico y absorción de los agregados	C-127-128
Desgaste del agregado grueso - Maquina de los Angeles	C-131
Solubilidad de los agregados	C-188

Fuente: (1)

**ENSAYOS DE LABORATORIO:**

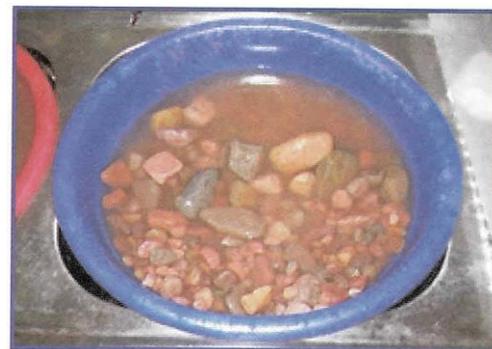
**Figura N° 9. Gradación de los agregados (granulometría)**



Fuente: Elaboración propia 2014.

El objeto de este ensayo es de encontrar la distribución granulométrica de los áridos gruesos y finos separados por medio de los tamices con aberturas cuadradas.

**Figura N° 10. Peso específico y absorción de los agregados.**



Fuente: Elaboración propia 2014

Este método de ensayo tiene por objeto, la determinación de los pesos específicos en la condición de saturado superficialmente seco, de los agregados grueso y fino, además del porcentaje de absorción (después de 24 horas sumergido en agua a la temperatura ambiente).

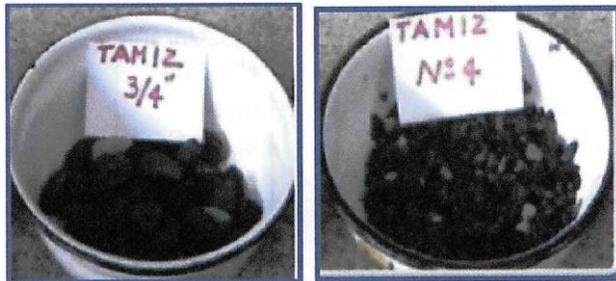
**Figura N° 11. Desgaste del agregado grueso - máquina de los ángeles**



*Fuente: Elaboración propia 2014*

El índice de desgaste de un árido está relacionado con su resistencia a la abrasión. El método consiste en analizar granulométricamente un árido grueso, preparar una muestra de ensayo que se somete a abrasión en la máquina de Los Ángeles y expresar la pérdida de material o desgaste como el porcentaje de pérdida de masa de muestra con respecto a su masa inicial.

**Figura 12. Solubilidad de los agregados (intemperismo)**



*Fuente: Elaboración propia 2014.*

Este método de ensayo determina la capacidad de fracturación de los agregados, cuando están expuestos a las acciones climáticas por largos periodos de tiempo (Intemperismo). Esto se consigue por repetidas inmersiones en solución saturada de sulfatos de Sodio o Magnesio, seguidas por secado al horno hasta una deshidratación parcial o completa, en donde la sal se precipita en los espacios porosos permeables.

#### **RESULTADOS**

Con las muestras obtenidas en cada yacimiento, se realizaron los ensayos correspondientes para determinar las propiedades de calidad de los áridos, estos

pruebas se efectuaron en el laboratorio de Hormigones de la Universidad de acuerdo a normas vigentes de la ASTM (1).

#### **RESULTADOS OBTENIDOS**

Los resultados obtenidos basados en los análisis de laboratorio en cada muestra de los yacimientos estudiados son los siguientes>:

Tabla Nº 2. RESUMEN: ENSAYOS EN LABORATORIO POR YACIMIENTO

GESTIÓN	YACIMIENTO	GRANULOMETRÍAS (Áridos Lavados)	INTEMPERISMO %	SUCIEDADEN LOS ÁRIDOS (En Sitio) %	P. E. GRS/C M3	PESO UNITARIO 10 GRS/C M3	USO DE LOS MATERIALES
11/2009	TAPACARÍ	Cumple las Especificaciones ASTM	2.49	12.6	2635	1.722	Aridos de calidad muy buena, previo lavado, las mezclas de Hormigón se usara para todo tipo de estructura de concreto de alta resistencia.
11/2010	PANKURUMA	Cumple las Especificaciones ASTM	6.74	14.4	2650	1.667	Aridos de calidad buena, previo lavado Las mezclarán Hº para obra estructural de concreto
11/2011	KHORA	Cumple las Especificaciones ASTM	7.21	16.8	2.651	1.700	Aridos de calidad buena, previo limpieza de la suciedad se utilizará para mezclas de hormigón estructural en general.

Fuente: Elaboración propia 2014.

Tabla Nº 3. RESUMEN: VOLUMEN (M3) DE LOS ARIDOS POR YACIMIENTO

GL#110N	NOMBRE DEL YACIMIENTO ESTUDIADO	UBICACION	DESCRIPCION GEOLOGICA	VOLUMEN DE ARIDOS EXISTENTE EN EL SECTOR ESTUDIADO (M3)
2009	TAPACARI	A 35 km. De la ciudad de Cochabamba, camino hacia Oruro.	Depósito aluvial con cantos rodados conglomerados. Mezcla de bolones, piedras, gravas y arenas.	YACIMIENTO TAPACARI VOLUMEN INVESTIGADO: 10.000 M3 
2010	PANKURUMA	A 25.5 km. De la ciudad de Cochabamba, camino hacia Oruro, lado oeste.	Depósito coluvial con cantos rodados conglomerados de bolones, piedras, gravas y arenas limosas.	YACIMIENTO PANKURUMA VOLUMEN INVESTIGADO: 10.000 M3 
2011	KHORA	A 17.5 km. De la ciudad de Cochabamba, camino hacia Oruro, lado oeste.	Depósito aluvial con cantos rodados conglomerados; bolones, piedras, gravas y arenas limosas.	YACIMIENTO KHORA VOLUMEN INVESTIGADO: 41.000 M3 
2012	EL PASO	A 14 km. De la ciudad de Cochabamba pasando por el Pueblo de El Paso	Depósito aluvial con cantos rodados conglomerados; bolones, piedras, gravas y arenas limosas.	YACIMIENTO EL PASO VOLUMEN INVESTIGADO: 47.250 M3 
2013	PUNATA	A 55 km. aprox. de Cochabamba, carretera antigua a Chuquisaca	Depósito aluvial conformado por cantos rodados pedregales, las gravas y bolones mezclados con arenas y limas.	YACIMIENTO PUNATA VOLUMEN INVESTIGADO: 47.250 M3 

Fuente: Elaboración propia. 2014

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

(Calidad de los áridos significa que estos cumplen con los parámetros especificados por la norma American Soviet Ford Testing Material ASTM (1)).

Los yacimientos seleccionados son los siguientes:

### Yacimiento Río Tapacarí

En este yacimiento demuestra los cantos rodados de los agregados gruesos y finos de granulometría bien gradada, las características físico-mecánico de buena calidad para hormigones durables, dada su resistencia al desgaste de Los Ángeles y al intemperismo prueba de sulfatos, asimismo presenta un moderado valor de Absorción, lo cual proporciona unas buenas relaciones Agua/Cemento del hormigón.

La descripción litológica de este yacimiento con características de rocas cuarcitas mezcladas con limonitas. Presentando color predominante de gris claro a oscuro.

### Yacimiento Pankuruma

Ubicado en el Valle Bajo su paisaje extremo de monte y valle, en su recorrido se encuentran planicies Lacustres, teniendo en su entorno abanicos aluviales activos y antiguos; Las características geológicas presenta en su unidad.

Este río presenta un contenido de material fino superior al límite establecido por la ASTM, no obstante con un lavado del agregado se puede eliminar la suciedad. Presenta poco contenido de impurezas orgánicas en el agregado fino, siendo apto para hormigones.

Por sus características de dureza, en la prueba de sulfatos presenta buena resistencia, no obstante en el ensayo de Abrasión de los Ángeles presenta un desgaste aceptable para la utilización en hormigones de calidad.

### Yacimiento Río Khora

Ubicado en el valle central, presenta un paisaje de valle con planicie lacustre llano que presentan pendientes ligeras, los sedimentos ocupan por las orillas de grandes depresiones formando transiciones entre la playa y los abanicos antiguos aluviales, las características de la geomorfología describe que durante el cuaternario estuvieron en lagunas, pero debido a los cambios climáticos fueron llenados por los ríos que aportaban a la cuenca transportando materiales con grandes apreciaciones de material más fino intercaladas con típicas deposiciones lacustres arcillosas.

Los depósitos aluvial en este río presentan agregados de gradación bien a regular gradación áridos de forma sub-redondeada a planas, con un contenido de material fino (suciedad) superior al límite establecido por la ASTM (1), no obstante con un lavado del agregado se puede eliminar el material fino. Siendo apto para hormigones de calidad y Resistencias.

### Yacimiento Río El Paso

Ubicado en el valle central, presenta un paisaje de valle con planicie lacustre bajo, como consecuencia del aumento del caudal de las aguas y sus crecidas arrastraron material más fino, predominando gravas arenosas limosas.

La influencia de los depósitos aluviales hace que se encuentren depósitos con abundante material heterogeneidad aluvial.

Estos agregados son recomendables para el uso en mezclas de hormigones de calidad con buena resistencia, por sus características de dureza, a la prueba de Abrasión por medio de la máquina de Los Ángeles presenta un desgaste admisible de acuerdo a las normas de la ASTM (1).

Con referencia al intemperismo por medio de la prueba de sulfatos, lo cual nos indica que esto agregados es totalmente apto para Hormigones de calidad y durabilidad. Estos áridos son aptos para hormigones de altas resistencias

### Yacimiento Punata - Río Paracaya

Ubicado en el valle alto, por sus características geológicas en su unidad sedimentaria se encuentran depósitos aluviales y coluviales de una característica con pendiente moderada gradual que deposita material conformado por cantos rodados de gravas, arena, limos arcillosos, resultando por el transporte de los materiales a partir del inicio del cauce angosto en la parte alta hacia la playa ancha por la parte baja con poca inclinación, cubierta con vegetación de monte ralo.

Por sus tipologías físicas y naturales, los agregados del yacimiento son de característica muy buena, recomendable para la preparación de hormigones de propiedad y resistencia elevada.

Estos áridos grueso y fino son recomendables para la preparación de hormigones de altas resistencias, por sus características de dureza y resistencia determinado por el ensayo de Abrasión de Los Ángeles presenta un desgaste bastante bajo, una Gravedad

especifica elevada ligeramente de lo normal, una buena resistencia a la prueba de sulfatos, lo cual nos indica que este agregado es totalmente apto para Hormigones de Calidad, durabilidad y de Altas resistencias.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Evaluando los resultados de los estudios en laboratorio se deduce que: los agregados provenientes de los ríos, Paracaya, seguido de Parotani y Khora son los que cumplen los parámetros especificados por las normas ASTM para hormigones H-21 de calidad.

Participaron en el proyecto durante el periodo considerado 130 estudiantes de la carrera de Ing. Civil, quienes desarrollaron competencias en la elaboración de hormigones tipo H-21 y la prospección de áridos, de acuerdo a procedimientos establecidos en nuestras guías de práctica.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ASTM (2003). Normas ASTM: Control de calidad en Laboratorio.
- (2) AASTHO (2005). Normas Especificadas AASTHO.
- (3) BOLIVIA (2009). Reglamento ambiental, aprovechamiento de áridos y agregados (RRAA).

**Fuentes de financiamiento:** Esta investigación fue financiada con fondos de los autores. **Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran que no tiene ningún conflicto de interés.

Copyright (c) 2016 Luis F. Portillo Terán



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

**Atribución:** Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)