

**Gestión de Calidad en Agregados Pétreos Naturales Extraídos de Canteras de Trituración Para la Fabricación e Concretos Hidráulicos.**



**Presentado por:**

Leidy J. Mazo Galeano

Código: 7303197

**Universidad Militar Nueva Granada**

Facultad De Estudios A Distancia

Programa De Ingeniería Civil

Bogotá

2020

## **Resumen**

En este ensayo se describe de manera detallada cómo se desarrollan los procesos que ejecuta una cantera desde la prospección de yacimientos hasta la comercialización de los agregados pétreos, así como las características que deben poseer los mismos y los ensayos de laboratorio que se les debe realizar para conocer dichas características. Esto con el objetivo de reconocer cómo es el proceso de control de calidad que deben establecer las canteras para cada una de sus actividades, lo que le permite garantizar la calidad de los agregados pétreos que comercializan. Adicionalmente, buscando generalizar el control de calidad que se debe tener en una cantera, se propone un sistema de gestión de calidad que se podría implementar para mejorar los estándares generales de calidad de los agregados pétreos, buscando así conocer claramente sus características y definir el tipo de trabajos en los que se podrían utilizar.

Finalmente, luego de analizar el proceso de obtención de materiales pétreos y los diferentes ensayos a los que deben someterse, se consignan las características puntuales que se esperan de dichos materiales para ser usados en la industria de la construcción, y se apunta la falta de implementación de sistemas de gestión de calidad en las canteras colombianas.

**Palabras clave:** sistema de gestión de calidad, explotación, proceso, concreto.

## **Abstract**

In the development of this document, it is described how the processes carried out by a quarry are developed from the prospecting of deposits to the commercialization of the stone aggregates, as well as the characteristics that they must have and the laboratory tests that must be carried out to know these characteristics. This in order to recognize the quality control process that quarries must establish for each of their activities, which allows them to guarantee the quality of the stone aggregates that they commercialize. Finally, seeking to generalize the quality

control that must be had in a quarry, a quality management system is proposed that could be implemented to improve the general quality standards of stone aggregates, thus seeking to clearly know their characteristics and define the type of jobs in which they could be used.

**Keywords:** quality management system, exploitation, process, concrete.

## **Cuestionamiento**

¿Qué control de calidad se realiza a los agregados pétreos naturales que se usan en la elaboración de mezclas de concretos hidráulicos para garantizar que cumplan con los requerimientos técnicos para ser usado en la construcción?

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar el sistema de gestión de calidad que se emplea en los agregados pétreos naturales extraídos de canteras de trituración para garantizar el cumplimiento de las normas aplicadas a los materiales pétreos utilizados para la fabricación de concretos hidráulicos en el departamento de Antioquia.

### **Objetivos específicos**

- Identificar las características técnicas que deben presentar los agregados pétreos naturales usados en la fabricación de concretos hidráulicos.
- Describir los ensayos que se deben realizar a los agregados pétreos naturales para conocer sus características y propiedades técnicas, especialmente a aquellos agregados que serán usados en la fabricación de hidráulico.
- Determinar qué medidas se pueden tomar para mejorar el proceso de control de calidad técnica de los agregados pétreos naturales usados en la fabricación de mezclas de concreto hidráulico y su almacenamiento.

## **1. Introducción**

El concreto es un material pétreo artificial que se obtiene de la mezcla de pasta de cemento y agregados minerales (Silva 2017). La pasta de cemento se forma al mezclar cemento con agua, en el momento en que el cemento reacciona químicamente al contacto con el agua, la mezcla empieza a endurecerse, mostrando así sus capacidades de resistencia a diferentes presiones.

La resistencia a la compresión que puede tener el concreto está determinada fundamentalmente por las características de los materiales pétreos con los cuales se fabrica y de la dosificación entre estos componentes (Yam, Carcaño, & Moreno 2003). Si los agregados tienen buenas características mecánicas (como resistencia al desgaste, a la compresión, entre otras) el producto final tendrá valores de resistencia elevados.

La calidad de los agregados pétreos repercute directamente en la calidad de la mezcla de concreto, por lo tanto, el control de la calidad de los mismos debe llevarse a cabo de manera precisa con el fin de obtener una mezcla con características uniformes, teniendo en cuenta que hay más factores que influyen en la calidad de la mezcla, como son el equipo de trabajo disponible y los procesos constructivos aplicados, lo cual garantiza obtener concretos de calidad en el menor tiempo y sin desperdicio de materiales (Gutiérrez 2003); lo anterior a través de un proceso de control bien planificado, programado y ejecutado (Zuazo, Zamanillo, & Pérez, 2019). que permitirá reconocer oportunamente alguna posible anomalía en los materiales relacionado con variables como limpieza, tamaño, gradación y presencia de sustancias químicas que afecten el desempeño de los mismos, respaldando a quienes proporcionen los materiales pétreos, al contar con información oportuna y veraz que permitirá optimizar los procesos de producción (Silva, 2017).

En muy pocas ocasiones se realiza una verificación de las características mecánicas de los agregados pétreos antes de fabricar un concreto, esto ocasiona que a menudo las mezclas de concreto fabricadas no alcancen la resistencia deseada o que su durabilidad sea menor que la esperada. Es por esto que se hace indispensable conocer qué control de calidad se realizan a los agregados pétreos naturales que se usan en la elaboración de mezclas de concreto, especialmente si se desean para construcciones de las cuales se espera una larga vida útil.

## 2. Agregados Pétreos

Un agregado pétreo es un material proveniente de la roca que se usa sin sufrir algún tipo de transformación; generalmente se encuentran en macizos rocosos o en depósitos no consolidados que contienen partículas de roca de distintos tamaños. Generalmente, estos agregados son naturales, sin embargo, en algunas ocasiones, motivados por la falta de disponibilidad deben ser procesados por el hombre.

Existen diferentes tipos de agregados pétreos, según su modo de fragmentación se clasifica en tres grupos (Silva, 2017):

- Agregados pétreos naturales: son materiales naturales que derivan de rocas que han sufrido diferentes procesos de transformación y poseen características similares. Estos agregados se extraen directamente de ríos, yacimientos o sitios seleccionados, y se someten a un proceso de clasificación según su tamaño.
- Agregados pétreos artificiales: se encuentran en macizos rocosos y se extraen mediante la utilización de explosivos a través de voladuras diseñadas para obtener el material con diámetros manejables, una vez realizada la voladura, el material extraído debe limpiarse, si es necesario triturarse y finalmente clasificarse.
- Agregados pétreos industriales: este tipo de agregados son materiales que han pasado por varios procesos de fabricación, por ejemplo: materiales producto de desechos, materiales calcinados, provenientes de demoliciones, etc. (Secretaría de economía México. 2013).

De acuerdo con su composición mineralógica, existen tres tipos de agregados, y su origen se basa en el ciclo de las rocas:

- Agregados ígneos: son rocas formadas al interior del planeta producto del enfriamiento del magma, se les conoce coloquialmente como “las rocas originales” y según su textura,

se clasifican rocas intrusivas, abisales o plutónicas.

- Agregados sedimentarios: estos agregados son producto de rocas sedimentarias que se han formado a partir de rocas ígneas o metamórficas, luego de que éstas atravesaran largos procesos de transformaciones físicas y químicas, las rocas sedimentarias son las que más abundan en la superficie del planeta.
- Agregados metamórficos: son agregados provenientes de rocas metamórficas que han experimentado presiones y temperaturas elevadas en el metamorfismo regional o dinámico dentro o fuera de la superficie terrestre.

### 2.1 Granulometría De Los Agregados

La granulometría es la repartición de los diferentes tamaños de partículas que puede tener un material, se utiliza fundamentalmente para la clasificar los materiales pétreos o los diferentes tipos de suelos.

Para realizar esta clasificación se utilizan tamices de diferentes tamaños. La Sociedad Americana para Pruebas en Materiales, conocida por sus siglas en inglés como ASTM, define en su norma ASTM C33; un tamiz es una herramienta que simula un colador, está formada por mallas de alambre que forman cuadrados de dimensiones específicas, la dimensión de estos cuadrados representa el tamaño máximo de las partículas de material que pasa a través de ellas, permitiendo así clasificar un material por su tamaño. Para los agregados finos se tienen tamices con diámetros de abertura que varían entre 150 mm y 9,5 mm; mientras que para el agregado grueso el diámetro varía entre 1,18 y 100 mm.

Conocer la granulometría de los materiales pétreos es importante porque el tamaño máximo nominal de los mismos afecta la relación agua – cemento de la mezcla, la trabajabilidad, porosidad, bombeo, entre otros.



Según su granulometría (tamaño de las partículas), los agregados pétreos se clasifican en:

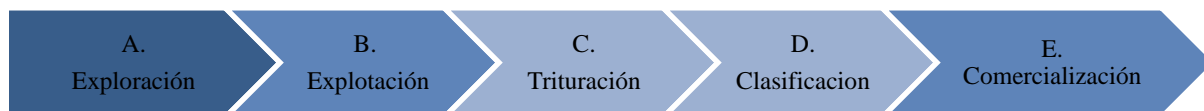
- Agregado fino: es el agregado que pasa por el tamiz No. 4, el tamaño de sus partículas oscila entre 0,075 y 4,75 mm.
- Agregado grueso: el agregado con diámetro mayor a 4,75 mm se considera grueso.

### 3. Proceso De Fabricación De Los Agregados Pétreos

Para la fabricación de los agregados pétreos se llevan a cabo diferentes etapas cada una con sus trabajos definidos, en la figura 1 se muestran las etapas para la fabricación de un agregado pétreo en orden consecutivo:

**Figura 1.**

*Etapas para la fabricación de un agregado pétreo*



**Fuente.** Elaboración propia.

A. Exploración:

La exploración se realiza con el objetivo de identificar lugares donde se encuentren grandes cantidades de depósitos minerales que puedan ser explotados de manera viables, esto se realiza a través de fotografías aéreas en las cuales se puede identificar las características superficiales de un terreno. Así como también se usan resultados de ensayos de caracterización *“Los resultados obtenidos con técnicas multivariadas permiten establecer ventajas y limitaciones del agregado que se produce para producción de concreto de mediana y alta resistencia.”* (Bracamonte, Vertel & Cepeda 2013).

## B. Explotación:

La explotación de una cantera depende del tipo de material que se encuentre en el depósito mineral. El tipo de material debe ser clasificado durante el proceso de exploración, allí se logra determinar la geología del material, las características físicas y químicas y el tipo de formación, con esta información se define el tipo de explotación con la cual se realizará la extracción de los agregados. Existen diferentes tipos de explotación, una es con equipos mecánicos, que consiste en tomar el material directamente con una máquina y transportarlo a través de volquetas o camiones de carga. El otro tipo de explotación se realiza con la utilización de explosivos, para esta explotación se debe diseñar una voladura cuyas características dependen del tipo de terreno que se quiere extraer y los diámetros que se esperan conseguir. En la tabla 1 se presentan los diferentes tipos de rocas y sus métodos de explotación:

**Tabla 1**

*Tipos de rocas y sus métodos de explotación.*

<b>TIPO DE ROCA</b>	<b>MÉTODO DE EXPLOTACIÓN</b>	<b>TIPO DE FRAGMENTACIÓN</b>
Granito/Diorita	Explosivos	Fragmentos irregulares, dependen del uso de explosivos
Basalto	Explosivos	Fragmentos irregulares que dependen de las juntas y grietas en los estratos
Toba	Equipo mecánico o explosivos	Fragmentos irregulares, finos en exceso ocasionales
Arenisca	Equipo o explosivos	En lascas, dependiendo de la estratificación
Conglomerado	Equipo o explosivos	Exceso de finos dependiendo del cementante
Limonita Luitita	Equipo	Desde pequeños bloques a lascas
Caliza masiva	Explosivos	Desde pequeños bloques a lascas

Cuarcita	Explosivos	Fragmentos irregulares muy angulosos
Pizarras	Explosivos	Fragmentos irregulares o lajeados según la foliación
Génesis	Explosivos	Fragmentos irregulares muchas veces alargados

Fuente. Gutiérrez, L. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción parte I

- Explotación de canteras con uso de explosivos:

Una voladura corresponde a la acomodación de un grupo de barrenos dentro de los cuales se instala una carga explosiva que depende de la energía que se necesite para fragmentar la roca en cuestión, esta voladura se debe iniciar secuencialmente para que la roca pueda fragmentarse según la necesidad, además, en el diseño debe disponerse de una cara libre sobre la cual se va a ir liberando gradualmente la energía a medida que va detonando el explosivo.

- Explotación de canteras sin el uso de explosivos:

Las técnicas de explotación sin el uso de explosivos permiten obtener partículas de roca con geometría bien definida. Para la explotación de materiales no consolidados se emplean máquinas que en términos generales se denominan maquinaria pesada, tales como retro excavadora, adaptaciones de martillos hidráulicos a retro excavadoras, cargadores frontales, equipos de minería, entre otros.

### C. Trituración:

La trituración de un agregado se realiza con el fin de obtener diámetros más pequeños para cada partícula de roca, dependiendo de la necesidad de tamaño que se tenga. Para realizar esta tarea se pueden usar dos tipos de máquinas trituradoras: las trituradoras por compresión, que son aquellas que comprimen el material hasta que se rompe, dentro de este tipo de trituradoras se encuentra la trituradora de mandíbulas, trituradora de cono, giratorias, de cono secundarias,

terciarias y cuaternarias; otro tipo de trituradora que se usa en las canteras es la trituradora de impacto, que usa el principio de impactos rápidos para triturar el agregado, dentro de este tipo de trituradora se encuentra la de impacto de eje horizontal HSI, impacto de eje vertical VSI y molino de martillos.

Ahora bien, existen diferentes tipos de trituración dependiendo del tamaño de las partículas obtenidas, por ejemplo, la trituración primaria se realiza con el fin de reducir el material a un tamaño que le permita ser transportado en bandas transportadoras; la trituración secundaria o intermedia se realiza para producir varios productos gruesos; y finalmente la trituración fina o cubicidad, también conocida como trituración terciaria y cuaternaria, se realizan para pulir un producto final. En esta última etapa del proceso de trituración es donde se determina la calidad del producto final, donde se tienen en cuenta factores como la capacidad de resistencia que tenga el agregado, la granulometría, el factor de forma, entre otros.

Como último paso en el proceso de producción de los agregados se tiene la clasificación, conocida también como cribado, en este paso es donde se separan los diferentes productos que produce el equipo de trituración. Por lo general, este proceso se lleva a cabo utilizando cribas vibratorias que posibilitan la clasificación del material.

Una vez finalizado el proceso de producción solo resta llevar a cabo la comercialización, en Colombia, la comercialización de los agregados pétreos se realiza a granel, es decir, se comercializa por peso o volumen, dependiendo del equipo que posean los productores del material.

#### D. Clasificación:

Respecto a la clasificación Padilla, (2013) capítulo dos, señala que

*“El tipo de agregado pétreo se puede determinar, de acuerdo a la procedencia y a la técnica empleada para su aprovechamiento, se pueden clasificar en los siguientes tipos: a) Agregados Naturales. Son aquellos que se utilizan solamente después de una modificación de su distribución de tamaño para adaptarse a las exigencias según su disposición final. b) Agregados de Trituración. Son aquellos que se obtienen de la trituración de diferentes rocas de cantera ó de las granulometrías de rechazo de los agregados naturales. Se incluyen todos los materiales canterables cuyas propiedades físicas sean adecuadas. c) Agregados Artificiales. Son los subproductos de procesos industriales, como ciertas escorias o materiales procedentes de demoliciones, utilizables y reciclables. d) Agregados Marginales. Los agregados marginales engloban a todos los materiales que no cumplen alguna de las especificaciones vigentes.”*

La tabla 4 muestra la clasificación del agregado según del tamaño de las partículas

**Tabla 4.**

*Clasificación general del agregado según su tamaño*

<b>Tamaño de las partículas en mm</b>	<b>Denominación más corriente</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Clasificación como agregado para el concreto</b>
Inferior a 0,002	Arcilla	Fracción muy fina	No recomendable
Entre 0,002 y 0,074 (No. 200)	Limo		
Entre 0,074 y 4,76 (No. 200 y No. 4)	Arena	Agregado fino	Material apto para producir concreto
Entre 4,76 y 19,1 (No. 4 y ¾")	Gravilla	Agregado grueso	Material apto para producir concreto
Entre 19,1 y 50,8 (¾" y 2")	Grava		
Entre 50,8 y 152,4 (2" y 6")	Piedra		
Superior a 152,4 (6")	Rajón, piedra bola		

**Fuente.** Montejo, A. 2013. Tecnología y patología del concreto armado Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

E. Comercialización:

La comercialización depende específicamente de las necesidades y especificaciones técnicas que requiere cada proyecto y por ende cada cliente que solicite este material.

#### **4. Importancia De Los Agregados Pétreos En La Fabricación De Concreto**

Las características propias de los agregados influyen directamente en las propiedades finales de una mezcla de concreto, manifestándose específicamente en la capacidad mecánica del concreto, su manejabilidad, consistencia, durabilidad, resistencia, cambios volumétricos, peso unitario, apariencia del acabado, entre otros (Gutiérrez Rocha,1999)

La forma y la textura superficial de las partículas de cualquier agregado influyen directamente en la manejabilidad de la mezcla de concreto en su estado fresco y, en algunas situaciones alteran las características físicas de su estado sólido.

Se debe tener precaución con la cantidad de agregados finos y gruesos que se añaden a una mezcla, si el contenido de agregados gruesos existe en exceso, puede ocurrir un fenómeno de segregación, que es la disolución de los componentes de la mezcla después de amasada. Así mismo, los agregados finos deben dosificarse adecuadamente de manera que la mezcla presente buena trabajabilidad y posea buena cohesión. Si se incorpora una cantidad de agregados mayor que la debida se afecta directamente la resistencia del concreto (Olguín, 2016).

Los agregados deben sujetarse a ciertos requisitos de calidad, además, deben componerse de partículas limpias, duras, libres de sustancias químicas, capas de arcilla u otros materiales orgánicos que puedan afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento.

Según la Norma Técnica Colombiana NTC 174. Concretos. Especificaciones de los agregados para concreto, el agregado fino debe ser arena natural, triturada o la combinación de ambas y no debe contener cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas; por otro lado, el agregado grueso debe provenir de la trituración de roca o grava, y deben ser partículas limpias, resistentes, libres de contaminación por materia orgánica.

Frecuentemente la variación de la resistencia del concreto se debe a la variación de la relación agua/cemento, sin embargo, pueden presentarse casos diferentes; existen muchas ocasiones donde el tamaño, forma y textura de los agregados afectan la resistencia final de la mezcla, principalmente la forma y textura del agregado, pues son los que proporcionan una buena adherencia entre agregados y pasta de cemento, por eso la importancia de utilizar agregados pétreos de calidad.

Por otro lado, se conoce que a mayor rugosidad del agregado, mayor adherencia, por lo que los agregados gruesos que tienen una mayor rugosidad en su superficie, garantizan una buena adherencia a la pasta de cemento y por tanto una mejor resistencia final del concreto.

La presencia de materia orgánica en los agregados suele generar afectaciones en la producción de concreto, pues no permite que se realice de manera adecuada la hidratación del cemento durante el fraguado, lo que conlleva a que la mezcla se demore más tiempo en alcanzar su resistencia última.

Para caracterizar los agregados y definir que sean aceptables técnicamente para fabricar mezclas de concreto, deben someterse a diferentes ensayos, los cuales se describen a continuación:

- Determinación de la resistencia al desgaste por abrasión utilizando el equipo microdeval.

El ensayo microdeval se realiza para determinar la resistencia a la abrasión y la

durabilidad de los agregados cuando se someten a molienda con presencia de agua.

- Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

El objetivo de este ensayo es determinar la distribución de tamaños de partículas de suelo por medio de la composición en porcentajes de los diversos tamaños de agregado de una muestra. Este ensayo se realiza porque la gradación es fundamental para la manejabilidad de la mezcla, un agregado mal gradado representa un volumen grande de vacíos que deben llenarse con pasta de cemento.

- Método para determinar la forma geométrica de las partículas

El objetivo de este ensayo es determinar el porcentaje de partículas planas y/o alargadas en un agregado grueso. Las partículas alargadas y planas pueden afectar la compactación por la dificultad de acomodamiento en un lugar y muchas veces hasta triturarse, esto quiere decir que a mayor espacio entre partículas, mayor será la cantidad de cemento a usar. A mayor valor de caras alargadas y planas, menor resistencia y por ende mayor riesgo de agrietamiento de la mezcla de concreto.

- Límite plástico e índice de plasticidad.

El límite plástico es la humedad más baja que puede tener un suelo y aun así permanecer en estado plástico, mientras que el índice de plasticidad de un suelo es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro de la cual el material está en un estado plástico. El índice corresponde a la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico del suelo (NORMA INV E-126-07).

- Equivalente de arena

Este ensayo se realiza para determinar el contenido en porcentaje de material arcilloso u orgánico en los agregados finos, pues el contenido de arcilla puede ocasionar problemas de



adherencia y la formación de deformaciones permanentes. A menor valor, menor contenido de arena.

- Cantidad de material que pasa por el tamiz No. 200

El objetivo de este ensayo es determinar por lavado, la cantidad de material que pasa por el tamiz No. 200. Con este ensayo se determina que cantidad de partículas inferiores a 0,075 mm se encuentran en la mezcla, ya que estas son más pequeñas que las partículas de cemento y pueden interferir negativamente en la adherencia de los agregados y aislar la partícula de cemento.

- Gravedad específica y absorción de los agregados finos

Este ensayo se realiza para determinar la gravedad específica y aparente, así como la absorción de agregados finos. Se mide la porosidad superficial y saturable del agregado. Este ensayo a su vez permite realizar las correlaciones necesarias para determinar la cantidad de agua que se debe agregar a la mezcla. Cuanto más poroso sea, menos Resistencia mecánica.

- Análisis petrográfico.

Este análisis determina la composición mineralógica de la roca. Establece su alterabilidad, reactividad y durabilidad. Obteniendo como resultado la proporción de elementos blandos o inestables susceptibles de oxidación, hidratación, carbonatación o reactividad árido – álcali.

Con el objetivo de garantizar que los materiales granulares siempre tengan las características mencionadas, se deben establecer lineamientos de control en las canteras encargadas de extraer y/o producir este tipo de materiales. En Colombia, la norma que describe las características que deben cumplir estos materiales es la NTC 174, sin embargo, también

existen normas internacionales que regulan la cantidad de los materiales como ASTM-C -33 y BS-812.

Para cumplir con un sistema de gestión de calidad en una cantera se deben realizar diferentes actividades y a su vez se deben cumplir diferentes parámetros.

Inicialmente, se debe definir la frecuencia con la que se realizarán las pruebas básicas a los agregados, teniendo claras las exigencias de granulometría de los agregados finos y gruesos.

Las pruebas básicas son aquellas que se deben realizar frecuentemente con los objetivos de evaluar la eficacia y la calidad de la cantera, y evaluar las características de los materiales para el diseño de mezclas y corrección de humedades en una planta de concreto. Lo primero que se hace para realizar estas pruebas es realizar la toma de muestras de los materiales en las canteras y la reducción de estas muestras al tamaño que se desea para cada prueba.

Al momento de realizar el muestreo se debe tener en cuenta cómo y dónde se encuentra almacenado el material, por ejemplo, si se encuentra almacenado sin ninguna barrera o límite que lo contenga, se deben tomar muestras representativas de diferentes puntos, tomando como punto de partida la parte más alta del montón y descendiendo gradualmente en forma de espiral hasta llegar a la base. Si se toma la muestra de un flujo de descargas en tolvas o bandas, se deben tomar mínimo tres porciones iguales en diferentes puntos para que la muestra sea representativa.

## **5. Sistema De Gestión De Calidad Iso 9001:2015**

Implementar un sistema de gestión de calidad permite a una organización mejorar su desempeño general y al mismo tiempo crear e implementar ideas que le permitan tener un desarrollo sostenible.

La norma internacional ISO 9001:2015 se enfoca fundamentalmente en los procesos que se llevan a cabo para la obtención de un producto o la prestación de un servicio, incorpora dentro de su estructura la implementación del ciclo PHVA (planificar – hacer – verificar – actuar), y el pensamiento basado en riesgos.

Este enfoque en procesos permite que la organización puede planificar de manera ordenada cada uno de los pasos a seguir en la elaboración de una tarea o procesos, teniendo en cuenta sus posibles variaciones.

La implementación del ciclo PHVA ayuda a que la empresa u organización gestione y administre adecuadamente los recursos con los cuales piensa ejecutar cada uno de sus procesos; por otro lado, el pensamiento basado en riesgos ayuda a que la organización pueda prever circunstancias que conlleven a que el resultado de un proceso no sea el esperado, esto le permite ejecutar controles preventivos para que los efectos negativos sean mínimos y también puede potencializar las oportunidades de mejora continua.

El ciclo PHVA puede aplicarse cualquier proceso que haga parte del sistema de gestión de calidad de manera general. A continuación se describen los componentes del ciclo según la norma ISO 9001:2015.

- Planificar: en esta etapa se deben definir los objetivos que se quieren alcanzar, fijando al mismo tiempo los recursos que se van a usar para lograrlo, teniendo siempre en cuenta los requisitos del cliente y las políticas de la organización.
- Hacer: en este paso se debe hacer lo planificado.
- Verificar: se debe realizar un monitoreo de cada uno de los procesos que se realicen para la entrega final de un producto o la prestación de un servicio, supervisando que se busque siempre cumplir con los objetivos definidos y que se respeten las políticas de la

organización. Como parte final de esta etapa se debe informar acerca de los resultados encontrados.

- Actuar: es la última fase del ciclo, y en ella se toman las decisiones que permitan mejorar el desarrollo del proceso, cuando se requiera.
- Para realizar un sistema de gestión de calidad en una cantera es necesario realizar, inicialmente, una caracterización del proceso de obtención de los agregados pétreos. la figura 2 muestra una representación de los procesos que se desarrollan para la obtención de agregados pétreos en una cantera cualquiera:

**Figura 2**

*Procesos desarrollados para la obtención de agregados pétreos*



**Fuente.** Elaboración propia.

Una vez establecido el diagrama general del proceso de obtención de los agregados pétreos, se debe establecer un diagrama de procesos específico, donde se identifique cada uno de los procesos que se deben llevar a cabo para obtener el producto final. La tabla 2. Muestra los diferentes procesos que conforman el sistema de gestión de calidad y lo relaciona con el tipo de operación que involucra y los tipos de controles que se llevan a cabo.

**Tabla 2**

*Procesos que conforman el sistema de gestión de calidad*

<b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO</b>	<b>TIPO DE OPERACIÓN</b>	<b>CONTROLES</b>
Se realiza exploración en los terrenos de la cantera para identificar un punto viable para extracción	Operación	Control de seguridad en los sitios de exploración
Se lleva a cabo la explotación de material	Operación	Control de calidad de las materias primas obtenidas
Se realiza inspección a la materia prima obtenida	Inspección	
Las grandes masas de piedras son transportadas hacia su proceso de trituración	Transporte	Control de transporte
Proceso de trituración	Operación	Control de seguridad operacional
Se lleva a cabo el proceso de clasificación del material granular obtenido	Operación	Control granulométrico de los materiales
Se realiza inspección a la clasificación de los materiales	Inspección	Control de inspecciones a través de formatos
Almacenamiento de materiales	Almacenaje	Control de almacenamiento
Se realizan ensayos de calidad a cada uno de los materiales	Inspección	Control de calidad en cada uno de los aspectos técnicos
Comercialización	Transporte	Control en el transporte de los agregados para que se realice con todas las medidas de seguridad con el fin de que el producto no se contamine durante su traslado

Fuente. Elaboración propia

Implementando éste diagrama de procesos, una cantera cumpliría con los parámetros establecidos para el control de calidad según la norma ISO 9001:2015 dado que en el desarrollo de sus actividades se planifican, implementan y controlan todos los procesos desarrollados para cumplir los requisitos exigidos para la entrega final del producto, además de incorporar procesos de inspección y control.

Una vez definidos los procesos para la obtención y producción de los agregados, se deben identificar los requisitos de los clientes y los suministros y controles necesarios para que cada uno de los procesos sea exitoso.

En este orden de ideas, se debe diseñar un plan de calidad donde se realice una conceptualización de las características de los agregados, como granulometría densidad, factor de forma, etc. Así mismo, es de vital importancia conceptualizar las características del servicio que presenta la cantera, como la disponibilidad del producto, velocidad de respuesta a las inquietudes, cortesía y amabilidad con los clientes, información oportuna sobre las especificaciones del producto, entre otros aspectos.

Una vez definido el plan de calidad, se debe implementar un plan de acción en el cual se conformar programas de entrenamiento del personal, calibración de equipos, mantenimientos preventivos, auditorías y revisiones generales.

Después de tener definido el sistema de gestión de calidad, se deben concentrar las actividades para trabajar en el aseguramiento de la calidad, esto es seguir una línea de actuación dirigida a poder trabajar en base a un conjunto de acciones planificadas y sistemáticas que fueron implantadas dentro del sistema de gestión de calidad de la empresa u organización. En los sistemas de aseguramiento de la calidad se requiere una planificación exhaustiva, definición de tareas y responsabilidades, registro de resultados obtenidos y pautas de inspecciones internas continuas, y todo esto debe estar debidamente soportado con los documentos correspondientes.

A continuación, se describe a través de una matriz general, en la tabla 3, el plan de aseguramiento de la gestión de la calidad que se debe implementar en cada uno de los procesos que una cantera realice para la explotación de materiales pétreos para la fabricación de concreto:

**Tabla 3***Matriz general del plan de aseguramiento para el sistema de gestión de calidad*

<b>Proceso</b>	<b>Alcance</b>	<b>Actividad</b>	<b>Equipos y herramientas</b>	<b>Responsables</b>	<b>Documento a generar</b>	<b>Métodos de revisión</b>	<b>Ensayos</b>	<b>Pruebas a realizar</b>	<b>Sitio de control</b>
Prospección	Definir yacimientos minerales	Búsqueda de minerales	Mapas, fotografías aéreas, satélites, antecedentes geológicos, geofísicos y mineras.	Ingeniero geólogo, geólogos o mineros.	Informes de caracterización del terreno	Inspecciones en terreno	N/A	Se realizan estudios geológicos de sitio, estudios geofísicos y geoquímicos.	Lugar de potencial explotación
Exploración	Dimensionar el depósito mineral, definir forma y contenido de mineral con valor rentable de explotación	Construcción de apiques y pozos	Equipos especializados de perforación	Ingeniero geólogo, geólogos o mineros.	Informes de caracterización del terreno	Construcción de trincheras, apiques, túneles, pozos y perforaciones	N/A	Cubicación de yacimientos y cálculo de leyes a partir de muestras	Lugar de potencial explotación
Explotación	Alcanzar el depósito mineral para su extracción	Extracción mecánica de material mineral	Maquinaria especializada de perforación y/o cargue y/o explosivos	Ingeniero civil, geólogo o minero	N/A	Inspecciones de seguridad ocupacional	N/A	N/A	Cantera
Transporte	Transportar el material extraído hacia los equipos de trituración	Transporte de material	Cintas transportadoras, camiones, volquetas, retroexcavadoras	Operadores especializados	N/A	N/A	N/A	N/A	Cantera

Trituración	Reducir el material a las dimensiones requeridas	Disminución mecánica del tamaño de los minerales extraídos	Máquinas trituradoras, volquetas	Operadores especializados	N/A	Inspecciones rutinarias al proceso de trituración	Capacidad y granulometría del equipo de trituración	N/A	Lugares destinados al proceso de trituración dentro de la cantera
Clasificación Del Material Granular	Clasificar el material pétreo por tamaños	Clasificación del material según su tamaño	Mallas y cribas para clasificación granulométrica, cargadores, volquetas	Ingeniero civil, operadores especializados e inspectores de calidad	Resultados de ensayos granulométricos	Inspecciones rutinarias	Tabla No. 4. Clasificación general de un agregado según su tamaño	Ensayos granulométricos	Cantera
Almacenamiento	Garantizar que el material no se contamine en su lugar de almacenamiento	Almacenamiento de un material y toma de muestras para ensayos de calidad en laboratorio	N/A	Inspector de almacenamiento	N/A	Realización de pruebas de laboratorio	N/A	Cantidades máximas de material que pasa por la malla No. 200. Granulometría y pérdida por lavado, contenido de humedad, masa volumétrica del agregado, densidad relativa y porcentaje de absorción	Espacio para almacenamiento dentro de la cantera y laboratorio.

Fuente. Elaboración propia



Con la implementación de la matriz de aseguramiento del sistema de gestión de calidad, una empresa u organización cuenta de manera definitiva con las bases que le permitirán alcanzar un grado de calidad tal que la posiciones en los primeros lugares de demanda en el mercado manteniendo siempre una estandarización de procesos y una mejora continua en cada una de sus actividades.

## **6. Conclusiones**

Las características físicas, químicas y mecánicas que se esperan de los materiales pétreos varían mucho dependiendo del trabajo que se desee ejecutar con su implementación, así pues, por ejemplo, se espera un comportamiento diferente del material que se usará en la elaboración de un concreto de aquel que se usará para elaborar una mezcla asfáltica, pues los requerimientos de resistencia a diferentes fuerzas externas es diferente, es por esto que debe definirse dentro de los sistemas de gestión de calidad en las canteras, planes de calidad que giren en torno a las especificaciones definidas del material para cada uso, con esto podría garantizarse un mejor comportamiento técnico de las construcciones en las que se utilicen agregados pétreos.

El diámetro, la forma y la textura de las partículas de los agregados pétreos, sean finos o gruesos, tiene una influencia directa sobre las propiedades mecánicas del concreto confeccionado; una partícula con forma irregular y de textura rugosa presenta mejor adherencia para con la pasta de cemento que una partícula redondeada y lisa, lo que conlleva a que el concreto se fabrique siempre con agregados que presenten partículas de formas irregulares y rugosas, pues se obtiene una mejor resistencia.

Existen diferentes pruebas de laboratorio que se deben realizar a los agregados para examinar sus características físicas y mecánicas, las más importantes y las que proporcionan la información necesaria para aprobar o no la fabricación de concreto hidráulico con ellos son: determinación de la resistencia al desgaste por abrasión, análisis granulométrico por tamizado, determinación de la forma geométrica de las partículas, gravedad específica, absorción de los agregados finos y análisis petrográfico.

Por otra parte, contar con un sistema de gestión de calidad es para cualquier empresa un reto grande puesto que se requiere de tiempo y recursos para su correcta implementación, sin embargo, esta inversión la catapulta hacia su crecimiento y expansión en el mercado, lo que es finalmente el objetivo de cualquier empresa u organización comercial. El sistema de gestión de calidad que se implemente en una organización le permite conocer de manera detallada cada uno de sus procesos que ejecuta, llevar un control exhaustivo de ellos y al mismo tiempo crear oportunidades de mejora continua que le permitirán tener un gran crecimiento empresarial.

Actualmente en Colombia existen muy pocas canteras que cumplan con los requisitos de calidad que se exige en un material pétreo que se pretenda a utilizar en la fabricación de concreto, mucho menos que cuenten con un sistema de gestión de calidad implementado.

Para mejorar el proceso de control de calidad técnica de los agregados pétreos naturales usados en la fabricación de mezclas de concreto hidráulico y su almacenamiento es importante que en las canteras conozcan de manera detallada cada uno de los procesos que se deben seguir durante la producción de un agregado para que el producto finalmente cumpla con las expectativas del cliente de acuerdo al trabajo que éste planea ejecutar.

## **Bibliografía**

Bracamonte Miranda A., Vertel Morinson M., & Cepeda Coronado J. (2013). Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos de la formación geológica Toluviejo (Sucre) para producción de concreto. *Scientia Et Technica*, 18(2), 429-436. DISPONIBLE EN: <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/8635>

Gutiérrez de López, L. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción. Departamento de Ingeniería Civil. Pate I DISPONIBLE EN: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/9302>

Gutiérrez Rocha, G. (1999). Nuevos criterios para el muestreo y el aseguramiento de calidad de los materiales pétreos y asfálticos de pavimentación. XV reunión nacional de laboratorios de materiales para la construcción. Disponible en: <https://trid.trb.org/view/947612>

Montejo Fonseca, A., MONTEJO PIRATOVA, F., & MONTEJO PIRATOVA, A. Tecnología y patología del concreto armado. Primera edición. Colombia. (2013). U. Católica de Colombia. Tomado junio 15, 2020. DISPONIBLE EN: <https://www.universilibros.com/temas/ingenieria-y-arquitectura/ingenieria-civil/tecnologia-y-patologia-del-concreto-armado>

American Society of Testing Materials. (2003). Especificación Normalizada de Agregados para Concreto. Norma ASTM C33. DISPONIBLE EN: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C33-03-SP.htm>

Internacional Organization for Standardization. (2015). Sistemas de gestión de la calidad – requisitos. Norma internacional ISO 9001. DISPONIBLE EN: <http://sigug.uniguajira.edu.co:8080/sigug/pdf/ISO%209001%202008.pdf>

Instituto Nacional de Vías. (2007). Límite plástico e índice de plasticidad de suelos. Norma INVIAS (INV-E-126-07) DISPONIBLE EN:

<https://studylib.es/doc/5450709/norma-inv-e-126-07---laboratorio-de-suelos>

Norma Técnica Colombiana. (2000). Especificaciones de los agregados para concretos. NTC 174. DISPONIBLE EN:

[https://www.academia.edu/34337767/NORMA\\_T%C3%89CNICA\\_NTC\\_COLOMBIANA\\_174](https://www.academia.edu/34337767/NORMA_T%C3%89CNICA_NTC_COLOMBIANA_174)

Olguín, D. (2016). Proceso de producción de agregados pétreos y su control de calidad. DISPONIBLE EN:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/11125/Proceso%20de%20Producci%C3%B3n%20de%20Agregados%20P%C3%A9treos%20y%20su%20Control%20de%20Calidad.pdf?sequence=1>

Padilla, A. (s.f.) (2013) Materiales básicos. UPC. Cp2. DISPONIBLE EN:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3334/34065-13.pdf?sequence=13&isAllowed=y>

Secretaría de economía México. (2013). Estudio de la cadena productiva de los agregados pétreos. Disponible en:

[https://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/cadena\\_productiva\\_materiales\\_petros.pdf](https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/cadena_productiva_materiales_petros.pdf)

Silva, O. J. (2017). Beneficios y recomendaciones del manejo de los agregados. Redacción 360 en Concreto Comunidad ARGOS OBTENIDO DE:

<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/usos-beneficios-y-recomendaciones-del-manejo-de-los-agregados>

Silva, O. J. (2017). Tipos de agregados y su influencia en el diseño de mezcla del concreto. Bogotá DC Obtenido de Blog, 360.

Yam, J. L. C., Carcaño, R. S., & Moreno, É. I. (2003). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. Ingeniería, 7(2), 39-46. DISPONIBLE EN:  
<https://www.redalyc.org/pdf/467/46770203.pdf>

Zuazo, E. T. L., Zamanillo, A. V., & Pérez, M. Á. C. (2019). Revisión de los procedimientos de control y ensayos de compactación en materiales pétreos. Carreteras: Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera, (223), 54-61. DISPONIBLE EN:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6920482>