***UNIDAD 1: MATERIALES PÉTREOS PARA LA CONSTRUCCIÓN***

***1.1 MARCO CONCEPTUAL***

La extracción de materiales pétreos para la construcción es importante en cualquier lugar del mundo, ya que de esta actividad depende el buen desarrollo de las obras de infraestructura que impulsan el crecimiento de un país. Antes de continuar con un análisis más a fondo sobre la conveniencia o no de una explotación de canteras a cielo abierto o subterránea en el país, hay que recordar algunas definiciones las cuales pueden servir para tener claro los diferentes aspectos a tratar en el presente trabajo.

Dentro del marco de "Explotación de materiales para construcción" coexisten definiciones de diferentes profesionales referentes al término "cantera", algunas de las cuales se encuentran expuestas a continuación:

* *CANTERA* es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales y ornamentales.
* *CANTERA* 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.
* *CANTERA* es el término que se utiliza para referirse 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.
* *CANTERA* 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.
* *CANTERA* es un sitio de préstamo; es decir, es un sitio de explotación de materiales para algún fin u objetivo.
* *CANTERA* es un sitio de explotación de agregados que usualmente es a cielo abierto.
* *CANTERA* es un sitio o lugar de la corteza terrestre del cual se explotan materiales para un uso específico; normalmente se habla de materiales para la construcción.
* *CANTERA* es la explotación de materiales de construcción que por lo general se realiza a cielo abierto.
* *CANTERA* es el sitio de donde se saca piedra de construcción, generalmente pueden establecerse a cielo abierto.
* *CANTERA* es un sistema de explotación a cielo abierto que permite la extracción de rocas y minerales no disgregados utilizados como materiales de construcción.
* *CANTERA* es el sitio de donde se saca piedra, greda, u otra sustancia análoga para obras varias.
* *CANTERA* es el trabajo a cielo abierto o superficial, o excavación para la extracción de piedra de construcción, , carbón, grava o minerales.

Según esta recopilación de definiciones respecto a qué es una cantera, se pueden observar dos tendencias diferentes, la que la define como *el lugar de explotación* y la que la toma como el s*istema de extracción*. Si miramos el concepto más generalizado en el ámbito ingenieril, tenemos que la primera definición presenta mayor aceptación o es comúnmente más utilizada al referirse a este tipo de actividades mineras; además se ve que la segunda propone a una cantera como el sistema de explotación a cielo abierto, excluyendo otros tipos de extracción de materiales de construcción los cuales pueden eventualmente presentarse subterráneamente. Si fuese un sistema como tal, sería la cantera un proceso de explotación el cual dejaría de lado el mismo hecho de su ubicación espacial y su relación con el entorno físico, para remitirlo únicamente a un conjunto de actividades características de la forma como se extraen los materiales. Es importante observar que la mayoría de las definiciones abarcan en su significado, no solo, la explotación a cielo abierto, sino también, la explotación de canteras en forma subterránea.

Para los autores de este trabajo, cantera se define como el lugar geográfico de donde se extraen o explotan agregados pétreos para la industria de la construcción o para toda obra civil, utilizando diferentes procesos de extracción dependiendo del tipo y origen de los materiales, donde se puede presentar desde extracción con dragas en lechos de ríos hasta utilizar explosivos en laderas de montañas y cámaras de explotación. Además hay que tener en cuenta que en una cantera se está desarrollando un proceso temporal de remodelación del terreno, donde finalmente se prestará un servicio diferente al del aporte de materiales.

Otros concepto a tener en cuenta dentro del planteamiento del trabajo es el de agregados para construcción.

* AGREGADOS son todos aquellos materiales líticos que debidamente fragmentados y clasificados sirven para incorporarse a un hormigón (llámese asfáltico o hidráulico) para efectos básicamente de llenante o para ocupar un volumen; además tienen utilidad en otros usos ingenieriles debido a sus características físicas como en enrocado de presas, obras de protección de costas y márgenes de ríos y mares. Hacen parte de los agregados las arenas, las gravas y los triturados.

Dentro de la terminología utilizada en la explotación de canteras, "estéril" es un término que no debe existir en una explotación racional, ya que su significado no concuerda con ningún material producto de una cantera, por lo cual de ahora en adelante en lugar de referirse a éste, se hablará de el material de la explotación cuyo uso futuro no está definido (MUND).

El MUND. lleva implícito un valor comercial, ya que éste puede ser depositado temporalmente, para después ser reutilizado en la recuperación morfológica de la zona de explotación, donde vendría a tener un valor importante como material de relleno, protección de taludes y como suelo orgánico. Siendo estos depósitos los lugares donde se disponen dichos materiales y al ser una actividad dinámica donde diariamente se están modificando sus condiciones de carga, es necesario realizar un estudio y monitoreo permanente con el fin de evitar problemas de inestabilidad de los terrenos y contaminación del medio ambiente. De ahí la importancia de la escogencia del lugar donde quedará este depósito con anticipación a fin de prever los controles de mitigación ambiental que sean necesarios.

* CLASIFICACIÓN DE LAS CANTERAS se pueden clasificar dependiendo del tipo de explotación, el material que se quiera explotar y su origen, *Tabla 1*.

|  |  |
| --- | --- |
| CLASIFICACIÓN DE CANTERAS | |
| Según el tipo de explotación | Canteras a Cielo Abierto:  En laderas, cuando la roca se arranca en la falda de un cerro.  En corte, cuando la roca se extrae de cierta profundidad en el terreno (Pit).  Canteras Subterráneas. |
| Según el material a explotar | De Materiales Consolidados o Roca.  De Materiales no Consolidados como suelos, saprolito, agregados,  terrazas aluviales y arcillas |
| Según su  Origen | Canteras Aluviales  Canteras de roca o peña |

*Tabla 1. Tipos de canteras.*

**1.2 MATERIALES DE EXPLOTACIÓN**

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.

**1.2.1 Clases de canteras**. Existen dos tipos fundamentales de canteras, las de formación de aluvión, 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 estos 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.

Otro tipo de canteras son las denominadas de roca, 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.

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.

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.

**1.2.2 Productos de la explotación de una cantera y sus usos más frecuentes.** Según la utilización de los materiales en construcción de obras civiles, se conocen en el mercado diferentes tipos de productos: que son nombrados a continuación en la *Tabla 2*.

|  |  |
| --- | --- |
| PRODUCTOS DE EXPLOTACIÓN DE UNA CANTERA | |
| *SILLARES O BLOQUES* | Son bloques de areniscas de gran tamaño utilizados para enchape y fachadas. |
| *MAMPUESTOS* | Son bloques de areniscas usados para apilar uno sobre otro en la construcción de muros y cimientos. Hay tres tamaños de mampuestos   * Piedra zonga: de dimensiones aprox 60\*30\*30 cm * Piedra media zonga: dimensiones aprox de 30\*30\*30 cm * Piedra de primera: dimensiones promedio de 20\*20\*20 cm |
| *TRITURADOS* | Son los agregados más gruesos que se utilizan para la preparación de concreto reforzado y conformación de bases en la construcción de vías. Se dividen en tres clases.   * De primera: utilizados en concretos y bases de vías, diámetro aprox 2.5 cm * De segunda: utilizándose en concretos y bases de vías, diámetro aprox 5 cm * De tercera: utilizándose en la afirmación de pisos, diámetro aprox 10 cm |
| *GRAVILLA* | Agregados de granulometría menor que los triturados; según su tamaño se clasifican en:   * Gruesa: diámetro 1.0–2.5 cm, se utiliza para conformación de base y mezclaasfáltica en vías y concretos. * Mediana: diámetro 0.7–1.0 cm, de igual utilización que la gruesa. * Fina: diámetro 0.5 – 0.7 cm, se usa en ornamentación de pisos y fachadas o para concretos y asfaltos. |
| ARENA | Es el agregado más utilizado en la construcción; sus usos más frecuentes son para morteros de cemento, concretos simples y armados, bases de pisos, llenante en la construcción de vías y preparación de asfaltos; se clasifican en tres tipos:   * Arenas naturales: son las extraídas de depósitos geológicos naturales. * Arenas de dragado: son las que se extraen de ríos, lagos o mares. * Arenas de trituración: son las resultantes del proceso de trituración de los agregados gruesos. |
| *RECEBO* | Es una mezcla de material areno arcilloso que se utiliza tal y como sale de la explotación, es una tierra de buena calidad (no contiene materia orgánica) para ser utilizada en la construcción, se usa para afinado de pisos, para bases y sub-bases de vías, en relleno y mejoramiento de terrenos para construcción; este material se obtiene especialmente de las explotaciones de peña. |
| *RAJON* | Es un material asimilable a un triturado ordinario, conformado por cáscaras o costras desprendidas de las piedras durante el proceso de elaboración de las mismas con formas y tamaños irregulares; es en realidad el producto del labrado de la piedra, se usa de forma similar a un triturado y sirve también como cuña para mampostería. |
| *PIEDRAS DE ENCHAPE* | Son rocas ornamentales, existen tres tipos, chapa, laja y esterilla. |

***Tabla 2. Productos de la explotación de canteras.***

**1.2.3 Materiales de construcción y su entorno geológico.** Los materiales de construcción se presentan en ambientes geológicos de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Rocas ígneas: son aquellos materiales pétreos que se han formado mediante el enfriamiento y solidificación del magma, luego de haber sido éste arrojado a la superficie terrestre, o cristalizado a cierta profundidad en la corteza terrestre; dentro de estas rocas se utilizan como materiales de construcción, principalmente los granitos, las sienitas, los basaltos, las diabasas y algunos pórfidos de notable resistencia por lo que su explotación ofrece alguna dificultad.

Rocas Sedimentarias: son aquellos materiales pétreos formados por erosión de rocas y substancias pre-existentes que se depositan mediante acumulación mecánica, química u orgánica de restos de roca y compuestos orgánicos que se cimentan total o parcialmente; son las rocas más utilizadas en el territorio nacional, siendo empleadas en mayor cantidad las de origen mecánico como conglomerados y areniscas; algunas formadas por precipitación química como el travertinos, y los depósitos recientes no consolidados en los cauce de ríos y quebradas conformados por arenas y gravas. Las calizas presentan un rubro importante en las industrias de cemento, vidrio, abonos y cal .

Rocas Metamórficas: son las rocas ígneas o sedimentarias que han sufrido re- cristalización en estado sólido ante elevadas presiones y temperaturas, fenómenos de especial ocurrencia en profundidades terrestres o contiguo a volcanes; de éstas rocas se utilizan los mármoles, algunos esquistos y la cuarcita, constituyéndose el mármol como el material decorativo de mayor empleo. Las pizarras presentan utilidad ingenieril siempre y cuando no estén muy meteorizadas.

**1.3 GEOLOGÍA**

La geología es uno de los factores más importantes, que influye en la determinación de la factibilidad o no de una explotación subterránea de canteras. En el caso particular de nuestro país, al estar ubicada en una de las zonas sísmicamente más activas de la tierra, presentando una situación tectónica compleja, refleja en su geología una gran diversidad de rasgos estructurales la cual ha sido estudiada con diferente grado de detalle gracias en su mayoría a los estudios mineros y de exploración petrolera. Es también por esta diversidad geológica que se encuentra dentro de su territorio una gran cantidad de riquezas, tanto en aspectos mineros como en la naturaleza viva por lo cual hay que luchar para conservarla.

Dichos estudios han permitido en parte comprender la complejidad de la corteza continental y oceánica, es por esta misma razón que para determinar la factibilidad o no de un proyecto minero se hace indispensable un estudio geológico detallado, estimando volúmenes de materiales del yacimiento, sus características estructurales, su comportamiento y su estabilidad frente a los diferentes procesos o métodos extractivos que se implementan en la explotación de la cantera.

La determinación de las características estructurales conjugada con el aspecto económico, permiten dar un enfoque más real de los posibles sistemas de explotación, entre los cuales están los sistemas a cielo abierto (banco único, pit con bancos descendentes, pit con cortes encajantes, pit único, bancos escalonados descendentes y ascendentes y sistemas mixtos), además de los sistemas subterráneos de extracción los cuales se tratarán con mayor énfasis en el presente trabajo.

Luego, si se habla de la posibilidad de una explotación subterránea de materiales para construcción, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

* Las características estructurales del macizo.
* La calidad y el volumen de los materiales a explotar.
* La demanda de dichos materiales.
* El régimen de flujo superficial y sub-superficial.
* El impacto Ambiental.
* El aspecto costo – beneficio.
* La ubicación geográfica del yacimiento.

Refiriéndose al aspecto geotécnico tendiente a mantener una estabilidad ampliamente confiable en una explotación subterránea y más si se planea establecer una actividad comercial después de terminada la explotación, el estudio y control tanto de los procesos extractivos como del comportamiento de la masa rocosa cobran especial interés dentro del desarrollo de proyectos de este tipo.

**1.4 ALGUNOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL PAÍS**

Las rocas ígneas y metamórficas de mejor calidad como materiales de construcción son más abundantes en el centro y occidente del país pero son difíciles de explotar debido a las espesas coberturas de material meteorizado y residual. En las zonas cordilleranas, abundan rocas como diabasa, basalto, andesita, neis y cuarcita, las cuales son resistentes y durables. De estas variedades, las cuarcitas son escasas y las restantes están cubiertas en muchos sitios por saprolitos y suelos residuales con espesores hasta de treinta metros cuyo descapote es costoso y dispendioso.

En la región montañosa, constituida principalmente por lutitas y areniscas, es muy difícil encontrar materiales de buena calidad. Sólo algunas areniscas cretáceas son aceptables, pero presentan el inconveniente de que requieren ser explotadas de manera selectiva, para separar capas de mala calidad con las cuales se intercalan. Las rocas sedimentarias de la cordillera están por lo general cubiertas por coluviones, lo cual plantea dificultades parecidas al descapote.

En la región norte del país, solamente se pueden explotar como canteras yacimientos de caliza y fuentes de aluvión, donde abundan minerales silíceos problemáticos por su pobre adherencia con los asfaltos.

Los depósitos de materiales de construcción en algunas zonas del país son abundantes, abasteciendo ampliamente la demanda interna en dichos sectores, pero existen zonas en las cuales los materiales para construcción son de muy baja calidad o simplemente no se encuentran (zona de la Mesopotamia), lo cual implica un aumento significativo en costos para el desarrollo de la infraestructura en dichas zonas.

Algunas empresas dedicadas a la explotación de canteras en el país, debido a la situación económica y sus implicaciones en el sector de la construcción, están abriendo producción en cercanías de las fronteras del país con el fin de adquirir nuevos mercados en los países vecinos.

**1.5 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA EN UNA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA.**

Al plantear alternativas como la de una explotación subterránea de canteras, el conocimiento detallado del lugar de la posible explotación debe ser estudiado al máximo adquiriendo así una seguridad en que la calidad de los materiales a extraer merecen tal inversión.

La investigación geotécnica del lugar debe proveer los datos necesarios para desarrollar un plan de trabajo seguro y desde luego económico, permitiendo analizar por parte de la empresa minera la viabilidad en cuanto a costos, procedimientos y equipos para la construcción de las galerías.

Este estudio que debe realizarse antes de asumir el riesgo de la construcción, debe conducir a la determinación de las cargas permisibles con que trabajará la estructura final además de su comportamiento en la etapa de construcción, la caracterización del macizo y su composición, definiendo el sistema constructivo más conveniente. La meta final de la investigación geotécnica debe llevar a la comprensión de la conducta del terreno ya que unos datos aislados y la clasificación e identificación de materiales no basta, pues el análisis y las recomendaciones de los especialistas experimentados son vitales para desarrollar un plan exitoso en la construcción de proyectos subterráneos.

La recolección de datos y su adecuado estudio determinarán los parámetros requeridos por el diseñador del proyecto donde los conceptos e interpretaciones extraídos de los diferentes profesionales (geotecnistas, geólogos e ingenieros) son fundamentales al momento de definir los métodos de explotación; estos conceptos deben incluir, entre otros:

* Clasificación del suelo, roca o macizo rocoso.
* Selección de la forma de la excavación (herradura, circular).
* Predicción de la subsidencia.
* Análisis de estabilidad.
* Selección de sistemas de sostenimiento.
* Predicción del comportamiento del agua subterránea.
* Requerimientos de recubrimientos.
* Localización y configuración de portales.
* Localización y adaptación del terreno para una planta de procesamiento interna.
* Definición y selección de equipos.

La investigación geotécnica no es sólo una herramienta para utilizarla en la preparación del proyecto, es también muy importante desarrollarla durante y después de la construcción del proyecto. La recopilación de datos y muestras es fundamental, llevando un historial de sondeos que permitan en cualquier momento verificar los análisis e interpretaciones con lo que sucede en realidad. Para tal objeto se puede hacer una combinación de estudios geofísicos con los de extracción de muestras con barrenos; es importante también prestar especial atención al agua subterránea y los efectos que ésta pueda tener dentro del proyecto.

Un buen informe técnico deberá incluir dentro de sus análisis la apreciación global de la geología regional, la historia tectónica y las condiciones sísmicas; el informe geotécnico debe incluir también la interpretación de pruebas in-situ, la evaluación de las condiciones de esfuerzos naturales y los perfiles geológicos, estimando los tiempos de soporte natural de las galerías, y los requerimientos de apoyo en zonas críticas, tendientes a formular recomendaciones en cuanto a la estimación de cargas, las propiedades geotécnicas del macizo, la determinación de las zonas de influencia y los métodos más económicos de explotación.

El conocimiento de las condiciones reales de la explotación facilita la identificación y corrección de problemas que se pueden presentar durante la vida útil del proyecto; la disponibilidad de unas memorias de construcción será de gran utilidad también para proyectos que se desarrollen en la misma zona o en condiciones geotécnicas similares.