

CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA Y GEOLOGIA ECONÓMICA DE LAS CANTERAS DE PIEDRA LAJA EN LA LOCALIDAD DE YURA, AREQUIPA

Universidad Nacional San Agustín de Arequipa

AYALA CAVERO, Christian Enrique

CONDORI ZÚÑIGA, José Guillermo

VILCA LLACHO, Williams Pablo

Calle Bogotá 102 Urb. Hunter-Arequipa

Asociación Cielo Azul Mz. A Lote 6 Cayma-Arequipa

Av. Elias Aguirre Mz-L Lte-4 Urb. Independencia Zona A Alto Selva Alegre



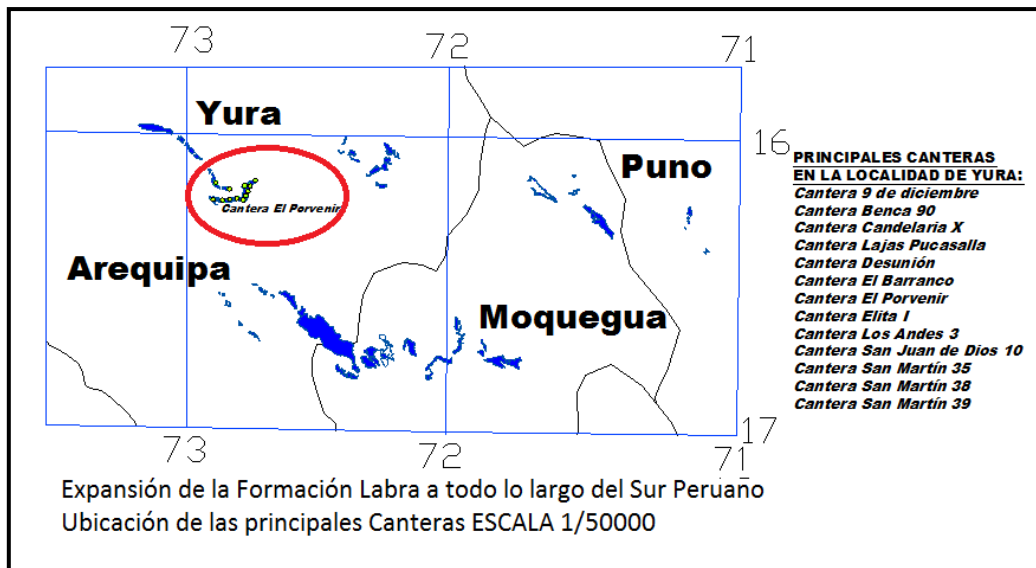
Vista de bloques de piedra laja (1) Canteras, (2) Listos para su transporte y posterior comercio.

INTRODUCCIÓN:

La actividad minera no metálica es una de las actividades que más repercute en la sociedad, ésta cuenta con menos problemática y su impacto ha sido desde siempre, no tan perjudicial pues consiste principalmente en la remoción de material constructivo y un valor agregado que hace que ciertas actividades de esta índole sean tan rentables a la vez que cuentan con la formalidad del caso y que permitiría una mejor producción y ampliación del mercado internacional dando buenas ganancias. Es el caso del material Piedra Laja, arenisca que con condiciones adecuadas puede usarse como material de construcción en revestimiento de paredes y cobertura de suelos gracias a sus propiedades físicas como estéticas que han logrado una gran demanda de ella en los últimos años como podemos notar en estudios anteriores hechos por el INGEMMET y el MINCETUR que reflejan los bajos costos de extracción y el mercado estable y económicamente rentable donde tanto el productor como el comprador salen beneficiados.

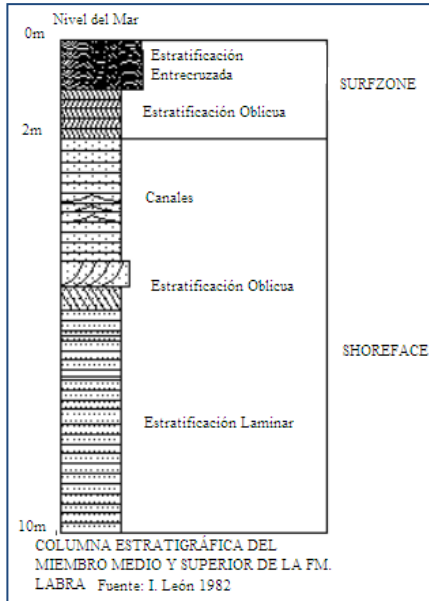
UBICACIÓN:

La laja explotable del departamento de Arequipa se ubica en la localidad de Yura, entre los kilómetros 13 y 21 de la Carretera a Huanca, en dirección NW de la misma ciudad, actualmente el sector se encuentra denunciado y la explotación que se hace es de tipo artesanal en el que se cuenta con solo un determinado número de trabajadores provisionales cuyo periodo de trabajo varía de acuerdo a la demanda del material, éstos se encargan de su extracción en bloques de forma empírica y haciendo que gran cantidad de material utilizable se desperdicie en forma de desmontes; su forma de extracción es empírica pero no desaprovechable, al usar la fuerza gravitatoria como móvil del material hasta ubicarlo a un lugar designado para su almacenamiento y distribuirlo en pilas de acumulación para su posterior comercio; el personal ha sabido aprovechar de la misma forma la topografía del lugar pues resulta ser muy favorable para la extracción económica del material y las características estructurales del banco de arenisca explotable se dispone de tal forma que logra evitar el desprendimiento de rocas por efectos gravitatorios. Estos bancos de cuarcia arenitas, pertenecen a la formación Labra, una de las unidades estratigráficas comprendidas dentro de la secuencia Jurásica-Cretácica del Grupo Yura, el cual se encuentra aflorando a todo lo largo del valle del río del mismo nombre y es considerada como una unidad autóctona con respecto al sobreescurrecimiento de Cincha-Lluta, como unidad estructural queda determinada como un homoclinal buzante, pues la disposición de sus estratos tiene un mismo dip-direction (NW).



ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO:

La secuencia estratigráfica inicia con una depositación de material detrítico fino de lutitas y areniscas de edad Caloviana media, hablamos de la Fm. Puente, primer piso del Grupo Yura, cuyas facies forman secuencias negativas y algunas positivas de Bouma características de zonas turbidíticas proximales en relación con la parte media de un abanico submarino; sobre ésta, el material detrítico fue disminuyendo de tamaño, evidenciando que el nivel de energía fue menor durante su depositación en el Caloviano Superior, la Fm Cachios, consta de lutitas dispuestas en unos 630 metros y se caracteriza por la presencia de paleocanales y estructuras sinsedimentarias como Olistolitos, lo que nos determina un paleoambiente inestable de Talud, el contacto con la Fm. Puente es gradacional y sus estratos plegados presentan fósiles de plantas (equisetáceos) y animales (ammonoideos), indicándonos su proximidad al continente. Luego de su depositación, la Fm. Labra representa un sistema deltaico completo asociado a sistemas de playa donde cuenta con una serie completa de estructuras sedimentarias distribuidas en tres miembros claramente delimitables por la disposición de material, la serie conformada en un 85% de areniscas cuarzosas, cuenta con secuencias gradacionales negativas dentro de las cuales se logra apreciar Dunas Hidráulicas, Canales de marea, Slumpings, niveles de bioturbación, estratificación cruzada, Ripples y Laminación Paralela, todas las secuencias negativas de esta unidad Oxfordiana, evidencian una etapa de regresión indicando la presencia de ambientes someros de mayor estabilidad como la Plataforma Continental y/o ambientes costeros (“Shoreface”), las estructuras observadas se deben a la acción de las mareas sobre bancos de arena. Entonces, los tres miembros anteriormente mencionados están íntimamente ligados a dos ambientes de sedimentación; un miembro inferior, desarrollado en un ciclo deposicional típico de un delta inferior o prodelta de profundidad moderada y de condiciones estables, su baja concurrencia de slumping nos indica que no ha sufrido desplazamientos por la poca pendiente insitu del ambiente resaltando la presencia de paleocanales. La presencia de dunas hidráulicas superpuestas, indica un progresivo aumento de energía en el flujo de mareas determinando la progradación de tales estructuras hacia la costa. Una siguiente capa bentónica indica breves etapas de no depositación permitiendo el desarrollo de vida tanto animal como de paleoflora acarreada de zonas emergidas, evidenciando presencia de pantanos locales donde se desarrollaron; dicho material se depositó en el interior de la plataforma a causa de corrientes submarinas de arrastre. La estratificación inclinada y laminada presentes en cortos fragmentos de esta secuencia superpuesta a las anteriores, nos sugiere una zona transicional de “offshore” que se intercala con momentos marinos tranquilos de baja marea y otros en los que la arena fue retrabajada por los bruscos movimientos de oleaje o tormentas marinas creando condiciones para la formación de estos estratos y estructuras sedimentarias que parecen ser exclusivas de ellas (Wiley-Blackwell). En tal zona de transición offshore se produce la formación de estructuras sedimentarias que son exclusivas de ambientes influenciados por tormenta. Una estratificación cruzada tipo “Hummocky” o HCS se distingue en el progresivo cambio entre el primer y segundo miembro de la formación, consistente en montículos redondeados de limo y estratos de arenisca de pocos centímetros de



espesor y decenas de centímetros de longitud, la estratificación interna de estos montículos es convexa y presentando ángulos variados producto de corrientes combinadas. Un aumento progresivo de slumping en la parte superior de este miembro indica un aumento en la pendiente de dicho sistema deltaico debido a cambios tectónicos de la zona o a la afluencia de material detrítico hacia ella; progresivamente se observa que las facies de areniscas feldespáticas dominantes en la parte inferior van siendo reemplazadas por facies cuaciareníticas más limpias indicándonos el claro cambio de un ambiente de plataforma a uno costero (foreshore and beach). El miembro medio y superior responden a ese ambiente costero ligado a facies ortocarcíticas de retrabajo y selección que no pueden faltar en líneas de marea de un medio playero, los niveles que inician esta depositación corresponden a estructuras laminares que sugieren un medio móvil y alta energía; los patrones de deposición en plataformas y mares epicontinentales con abundante aporte clástico son controlados por el oleaje, los temporales y los procesos tidales, que por lo tanto facilitan la acumulación de los detritos silicoclásticos en capas laminadas o entrecruzadas según corresponda. La presencia de secuencias estrato crecientes con respecto a las facies deltaicas inferiores sugiere que tanto el miembro medio como superior pertenecen a un sistema deltaico medio en el que se encuentra un primer nivel con estratificación laminar clara, prosigue estructuras oblicuas propias de áreas de plataforma abiertas frente a océanos que son regiones con regímenes microtidales a mesotidales formados a causa de tormentas oceánicas. Los paleocanales suprayacentes nos dan la dirección de la paleocorriente al SW caracterizadas por ser de baja energía en una pendiente baja, superior a éstos analizamos una secuencia deposicional brusca reflejada en estructuras con estratificación oblicua y que obedecen a dos principales tipos: storm and tide-dominated shelves que se reconocen en facies y ambientes modernos y antiguos, éstos son miembros iniciales del ambiente deltaico medio en una plataforma continua y mares epicontinentales. La mayoría de éstos a nivel mundial son del tipo storm-dominated o dominadas por tormentas (80%), y sólo un 17 % son tide-dominated o dominadas por mareas; un 3% restante corresponde a las influenciadas por corrientes oceánicas (Johnson y Baldwin, 1996), las estructuras

ERA	SIST.	SERIE	PISO	LITOLOGIA	DESCRIPCION	E. SEDIMENTARIA	ANÁLISIS
MESOZOICO	JURASICO	SUPERIOR	Titoniano inf.	22.00	Arenisca cuarcífera de grano fino	Laminar	Areniscas deltaicas a someras
			15.00	Cuarcarenita de grano fino	Masiva		
			+30.00	Cubierta			
			10.50	Areniscas de grano fino ripples sinuosos en fase en la parte superior con planos de estratificación presencia de fósiles.	Masiva		
			3.00	Areniscas de grano fino muy fracturada	Masiva		
			3.00	Areniscas de grano fino muy fracturada presencia de piroclastos.	Masiva		
			15.00	Cubierta			
			7.50	Areniscas de grano fino muy fracturada.	Masiva		
			4.00	Areniscas de grano fino con laminación centométrica.	Laminar		
			15.00	Areniscas de grano fino muy fracturada presencia de ovidos, alteración de arcillas.	Masiva		
			5.00	Areniscas de grano fino	Masiva		
			6.00	Areniscas de grano fino con laminación centométrica ripples sinuosos en fase muy fracturada.	Masiva		
			5.00	Areniscas de grano fino presencia de ovidos desmenuados.	Dunas hídricas		
			2.50	Areniscas de grano fino con laminación centométrica a decimétrica.	Dunas hídricas		
			6.50	Areniscas de grano fino con laminación centométrica.	Dunas hídricas		
			2.80	Areniscas de grano fino con laminación centométrica.	Dunas hídricas		
			1.40	Cubierta	Masiva		
			5.00	Areniscas con diposición en taja	Laminar		
			3.00	Cubierta			
			10.00	Cubierta			
			7.00	Interestratificación de areniscas de grano fino con lutitas.	Masiva		
			0.90	S i l i c i o s i l i a	Masiva		
			3.80	Areniscas de grano fino con lutitas ripples sinuosos en fase.	Masiva		
			5.00	Areniscas de grano fino con lutitas ripples sinuosos en fase.	Masiva		
			15.20	Areniscas de grano fino con lentitas de lutitas de ton presencia de ovidos desmenuados.	Masiva		
			2.10	Areniscas de grano fino interestratificada con lutitas ripples sinuosos en fase.	Masiva		
			2.50	Areniscas de grano fino.	Masiva		
			2.50	Lutitas hídricas interestratificadas.	Masiva		
			2.10	Areniscas de grano fino con intercalación de lutitas.	Masiva		

mencionadas corresponden a los dos tipos de dominio explicado cuyas características en el caso de las dominadas por tormentas se atribuye a las facies de distribución que se forman en las partes más someras de la plataforma y donde cualquier sedimento será extensivamente retrabajado por procesos ondulares, aquí las arenas depositadas preservan estructuras como ripples, laminación sesgada y poca estratificación horizontal, algunos horizontes muy pequeños de limo se pueden presentar durante intervalos de muy baja energía que en el caso de la Fm. Labra, pueden ser despreciables al no alterar toda la secuencia (se presenta sólo en espesores milimétricos a centimétricos). En el caso de las dominadas por marea, las estructuras típicas de formación son paquetes masivos de arenas y niveles con estratificación sesgada que se observan en la parte superior del último miembro de Labra. Hay que considerar que los cambios progresivos en las estructuras de Labra corresponden a respuestas al cambio del nivel del mar ya que los sedimentos son ampliamente controlados por posiciones relativas del lecho marino y del nivel del mar, y tienen un efecto en la sedimentación sobre plataformas poco profundas. Las tidalitas superiores, responden a la acción de las olas que

llevan y traen los siliclastos sobre la superficie de playa, a una zona denominada “Surfzone” la cual no permitió el desarrollo de Bentos marino; indicando un medio deposicional poco profundo con una secuencia deposicional negativa y un relleno de cuenca muy rápido a consecuencia del progresivo retiro del mar. Luego de la secuencia Labra, encontramos una serie calcárea del Barremiano Inferior, de un carácter subarrecifal en contacto gradacional a Labra, su potencia oscila entre 80 a 100 metros estableciéndonos un ambiente bastante somero y poco profundo de una transgresión, propicio para el desarrollo de plantas y una fauna compuesta por gasterópodos, bivalvos y corales; toda la sucesión vertical de esta serie nos permite definir parte de Arrecife de Barrera que va migrando hacia la Costa; suprayaciéndolo encontramos una secuencia cuarcítica de edad Barremiana Superior son bancos potentes superiores a 1 metro y en el que se observan estructuras típicas de un ambiente desértico como dunas y microondulitas.

LITOLOGÍA Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA PIEDRA LAJA:

La formación Labra consiste en areniscas, areniscas cuarcíticas y cuarcitas, cuya densidad aparente es de 2200-2400kg/m³ y su porosidad promedio es de 20%; interstratificadas con capas delgadas de lutitas son de grano fino a medio con contenido de óxidos de Fe que le confiere una coloración variada. De espesor variable, presenta estratos delgados de +/-20 cm a medianos de +/-1.5mt y ocasionalmente gruesos que superan los 5 metros presentando estructuras internas variables. Su potencia media es de unos +/-800metros que resalta el relieve de la zona debido a su bajo grado de erosión y diferenciando el contraste con la Fm. Cachios y Gramadal. En la laja destinada a la construcción para el revestimiento de muros interiores y exteriores, chimeneas, terrazas, jardines, pisos u otra forma de asfaltado de calles, además de cualquier uso creativo que se pueda hacer; no sólo es necesario conocer su litología sino también sus características que definirán sus propiedades. Es importante observar la facilidad de partirse según planos preferenciales paralelos, el color, su permanencia, la densidad, la porosidad, la presencia de impurezas, la resistencia al desgaste, comprensión y flexión. Sus variedades se encuentran definidas por estas características, así la “Atigrada” presenta bandas rojas intercaladas con amarillas y sus respectivas combinaciones tiene un menor precio en el mercado por su menor resistencia a la abrasión pero que se equilibra con su estética; la “Salmón”, de color parduzco sin bandas, buena estética y resistencia a la abrasión de costo mayor al anterior; la “Ramificada”, que presenta percolaciones de Pírolusita haciéndola más estética que las anteriores y con mayor valor económico y finalmente la “Blanca”, con mayor resistencia y valor que las anteriores por su grado de pureza y de mayor demanda, son algunos de los tipos presentes en las zonas de extracción; hay sectores que no han sido explotados y podrían encontrarse aún otras variedades de la roca ornamental.

TIPO DE ENSAYO	RESULTADO
Absorción de agua	0.26±0.002%
Módulo de ruptura a la flexión	46.1±3.3MPa
Resistencia a la abrasión	Desgaste Dorny. 11.77mm/1000m
Resistencia a la comprensión	97.2MPa
Dilatación térmica lineal	6.48x10 ⁻⁶ /C (entre 0° a 60 °C)
Resistencia a los ácidos	0.008mm de profundidad de ablandamiento

Fuente: Rocas ornamentales en el Perú (Mercados y perspectivas). 2003. Díaz A

PLANEAMIENTO DE EXTRACCIÓN:

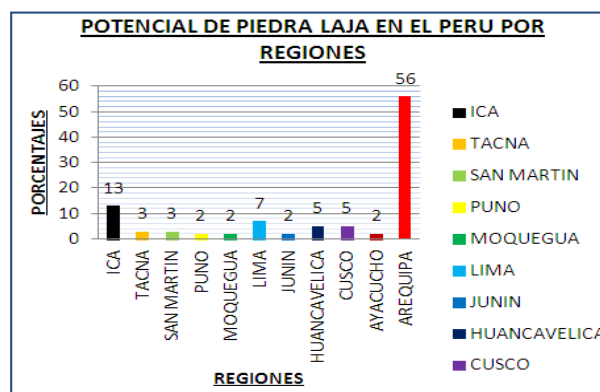
El proceso de extracción semimecanizada se realizan a cielo abierto y mediante corte por bancos, iniciándose con el desbroce, limpieza y eliminación del material estéril o desmonte que se encuentra sobre los estratos productivos, luego la selección de bloques, aproximadamente de 0.1 a 0.15m de espesor, con ancho y forma variada, por medio de la cual se busca obtener estratos en el que se presenten claros bandeamientos laminares, para así aperturar coyoterías (calambucos) que se cargaran con explosivos y luego detonarlos. Después de limpiar los bancos, se eliminan el desmonte y aquellos niveles que presentan un material deleznable (lutitas o arenas inconsolidadas) con herramientas manuales. Estos residuos sólidos se disponen en los taludes a manera de relleno para evitar su acumulación en la cantera y así hacer un “secado” y “tableado” de bloques en planchas, por medio de sus planos preferenciales paralelos (clivaje), de 0.02 a 0.03m de espesor, siendo esta medida tomada como mínima para su comercialización, lográndose el formato geométrico del bloque, que es darle un corte rectangular a las planchas de piedra laja; así, se hace el traslado de las planchas de laja para su apilación; luego, se procede al transporte de éstos y su comercialización, al mismo tiempo que se hace la preparación de lotes para su venta en otras ciudades.

GEOLOGÍA ECONÓMICA:

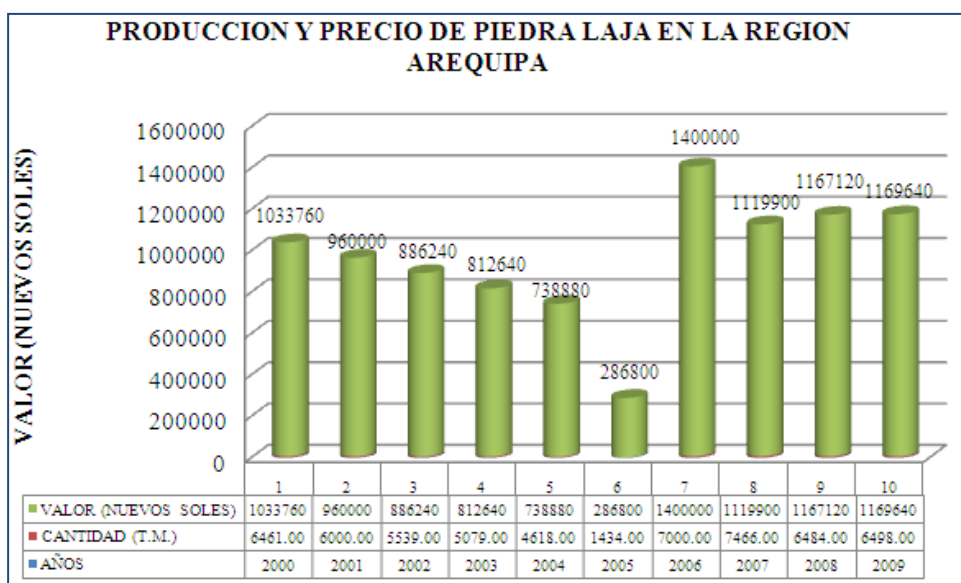
La Región Arequipa abastece al mercado nacional y también exporta en pequeñas cantidades. Los tamaños de las lajas en su extracción varían de 20/30 cm² -1 m² con precios oscilando de acuerdo a la calidad y la cantidad requerida.

El desarrollo de la explotación esta en relación directa al crecimiento de la industria de la construcción, especialmente con el crecimiento de la ciudad de Arequipa y la exigencia a nivel nacional ante la expansión estructural que presenta la población.

Arequipa presenta un alto porcentaje en ocurrencias de este material, manteniendo un crecimiento del 5% en producción y las regalías aumentan con la inclusión de nuevos mercados y zonas de abastecimiento. Se explota en la zona de Yura teniendo una gran dinámica de extracción, en algunas canteras por lo inaccesible y por los costos elevados de instalación de máquinas es que su transporte es más lento y realizado de forma artesanal. La Cantera El Porvenir



CALIDAD DE PIEDRA LAJA	PRECIO EN CANTERA	PRECIO DE VENTA
Laja de Primera \$.X m ²	15 - 20 \$	25 - 45 \$
Laja de Segunda \$.X m ²	12 - 18 \$	20 - 30 \$
Laja de Tercera \$.X m ²	7 - 10\$	12 - 18 \$



trabaja actualmente con un sistema semi mecanizado y cuenta con una planta de procesamiento para cortes y acabados respectivos en la ciudad de Arequipa con calidad de exportación. La Región produce piedra laja de excelentes características abriendo

posibilidades de incursionar en el mercado externo tales como Bolivia, Venezuela, Alemania Francia Estados Unidos.

BIBLIOGRAFIA

- Antecedentes Sedimentológicos Jurásico-Cretácico del Grupo Yura, Tesis de Bachiller Isabel León Chirinos, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 1987.
- Estudio Geológico - Económico de Rocas y Minerales Industriales de Arequipa y Alrededores Boletín N° 22 Serie B INGEMMET, Alejandra Díaz Valdivieso-José Ramírez Carrión 2010.
- Rocas Ornamentales en el Perú, Mercados y perspectivas, Boletín N°13 Serie B INGEMMET, Alejandra Díaz Valdivieso 2003.
- Rocas Ornamentales en el Perú, Boletín N°9 Serie B INGEMMET, Alberto Pool Ramírez, Juan La Riva Sánchez 2001.
- Página Oficial del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo <http://www.mincetur.gob.pe/newweb/>