

Extrudados
(basados en zeolita)
Prácticas Profesionales Supervisadas

Spinsanti, Celina

Índice

Objetivo.....	3
Introducción	3
Zeolitas	4
Importancia de la Zeolita	4
Propiedades de las zeolitas.....	6
Estructura.....	7
Propiedades físicas.....	8
Propiedades químicas.....	9
Clasificación de las zeolitas.....	11
Tipos de zeolitas.....	12
Aplicaciones	13
Zeolitas en agricultura.....	13
Nutrición animal	15
Control de olor.....	16
Filtrado	17
Control Ambiental.....	17
Almacenamiento de granos, semillas y fertilizantes.....	17
Catalizadores y refinación del petróleo	17
Portadores.....	18
Desecativos.....	18
Pelletizado.....	18
Zeolita en la construcción.....	18
Tratamientos de aguas.....	19
Desarrollo	20
Búsqueda de información.....	20
Preparación de extrudados.....	20
Caracterización.....	22
Dureza.....	22
Morfología y composición.....	23
Superficie	24
Cristalinidad	24
Resultados	26
Análisis EDAX de la bentonita	26

Microscopia (SEM)	27
Medidas de los extrudados y composición de la mezcla para su realización	36
Comparación de Fuerzas (datos del texturometro)	40
Superficies de las muestras.....	43
Composición de los extrudados a través de Difracción de rayos X	46
Conclusiones:	51
Bibliografía	52

Objetivo

Obtener aglomerados zeolíticos para su uso como soporte de catalizadores en lechos rellenos.

Introducción

Las zeolitas son minerales pertenecientes a la familia de los tectosilicatos y son La historia de las zeolitas comenzó en 1756, cuando el mineralogista sueco Cronstedt descubrió la primer zeolita mineral, estilbita. Reconoció a las zeolitas como una nueva clase de minerales consistentes en aluminosilicatos hidratados conteniendo álcalis o especies alcalino- térreas. Desde esa fecha se han reportado numerosas investigaciones en las que están involucradas tanto zeolitas sintéticas como naturales. Estos trabajos han contribuido al conocimiento de sus propiedades como la capacidad de hidratación, (Damour, 1857), la posibilidad de intercambio de sus constituyentes catiónicos o "CIC", (Eichhorne, 1858), la potencialidad de uso como tamices moleculares así como los procesos de síntesis de zeolitas (Breck y Milton 1940) y su posterior aplicación como adsorbentes, intercambiadores iónicos, catalizadores o soportes de catalizadores, tamices, sustratos, etc. (Giannetto Pace, 2000).

Las zeolitas sintéticas son hoy estudiadas y caracterizadas y debido a su alto valor agregado: son utilizadas en la preparación de catalizadores, como adsorbentes y en numerosos procesos industriales (alimentos, empleo en la preparación de detergentes, etc.).

En cuanto a las zeolitas naturales y si bien se encuentran distribuidas ampliamente en yacimientos alrededor del mundo, han sido consideradas siempre como materiales de baja calidad, debido a su condición de mineral con una composición heterogénea y propiedades físicas y químicas diferentes. Fueron empleadas desde la antigüedad, especialmente como material de construcción, pero posteriormente se utilizaron en procesos de control ambiental (accidentes en instalaciones nucleares para la retención de los desechos radiactivos, etc.). Asimismo, en los últimos años se han comenzado a

reutilizar en el área agronómica, así como en medicina y farmacia (por ej. en la elaboración de fármacos) (Villavicencio, 2009). El uso de las zeolitas naturales y sus formas modificadas, tienen la ventaja del bajo costo, la amplia disponibilidad, las buenas propiedades mecánicas y térmicas y la combinación de una alta capacidad de adsorción con la habilidad de ajustar el pH del suelo y de los sistemas acuosos. Además, las zeolitas naturales, no introducen contaminación adicional en el medio ambiente (Misaelides, 2011).

Hoy en día, coexisten en el mercado las zeolitas sintéticas y las naturales teniendo las primeras mayor valor comercial debido que poseen una gran variabilidad en el compuesto a tamizar, y por sus grandes aplicaciones industriales como intercambiadores iónicos, adsorbentes específicos y catalizadores selectivos y eficaces. Las zeolitas naturales son recursos geológicos relativamente abundantes en áreas volcánicas e intrusivas.

Zeolitas

Importancia de la Zeolita

El término “zeolita” deriva de dos palabras griegas, zeo: que ebulle, y lithos: piedra y fue inicialmente utilizado para designar a una familia de minerales naturales que presentaban propiedades particulares como el intercambio de iones y la desorción reversible de agua.

Las zeolitas poseen una estructura muy particular que permite el intercambio de cationes. Esta capacidad de intercambiar cationes hace que puedan ser utilizadas para adsorber determinadas moléculas o compuestos como agua, elementos pesados, compuestos orgánicos, etcétera. Esas propiedades de intercambio de iones con el medio les confiere la denominación de “tamices moleculares” de modo que son muy buscadas y utilizadas para diferentes procesos químicos.

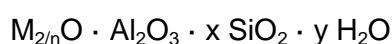
Tanto las zeolitas naturales como las sintéticas se utilizan como tamices moleculares, conservantes de humedad, constituyentes de materias primas y otros, propiedades aplicables en campos tan disimiles como la industria del petróleo, como materias primas en la fabricación de nanolasers, tratamiento de aguas, construcción (fabricación de concreto y cemento así como alivianadores de peso) y metalurgia (son indicadores de yacimientos de oro), también son utilizadas para la remoción de minerales pesados y recuperación de amonio de residuos sólidos. Un uso importante dentro de las ciencias ambientales es el tratamiento de desechos nucleares ya que adsorben determinados radionucleidos como por ejemplo ^{90}Sr y ^{137}Cs . Una de las ventajas principales que poseen estos compuestos es que al ser de fácil extracción se convierten en materiales de bajo costo, aunque su amplio rango de aplicación hace que se encarezca su precio de mercado.

También pueden ser utilizadas para sanear suelos y aguas con salinización. En el aire permiten la adsorción de gases tóxicos y también generan oxígeno por adsorción del nitrógeno.

Definición

Las zeolitas son aluminosilicatos cristalinos microporosos con canales y cavidades de dimensiones moleculares. Los cristales, pertenecientes al grupo de los tectosilicatos, están formados por una red tridimensional de tetraedros SiO_4 y AlO_4^- unidos entre sí compartiendo los vértices a través de átomos de oxígeno.

La composición química de las zeolitas se puede representar de una manera general con la fórmula:

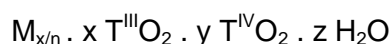


siendo M uno o varios cationes de compensación de carga con valencia n. En el caso de zeolitas naturales los cationes serán inorgánicos mientras que en el caso de las sintetizadas en el laboratorio podrán ser tanto orgánicos como inorgánicos. La relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ vendría dada por x, siendo un número siempre igual a mayor a 2, lo que significa que en una zeolita no se pueden encontrar dos tetraedros AlO_4^- compartiendo el mismo vértice. Este inciso se conoce como la regla de Loewenstein.

Todos los sólidos cristalinos son eléctricamente neutros por lo que si en la red cristalina sustituimos un átomo de Si por otro de Al se genera una carga negativa que debe ser compensada por cationes.

Además de las zeolitas naturales, existen análogos sintéticos a algunas de ellas, y también zeolitas sintéticas que no corresponden a ningún material natural. La síntesis de zeolitas en el laboratorio permite obtener nuevas estructuras con sistemas de canales y/o aperturas de poros diferentes, lo que ha permitido ampliar extraordinariamente el rango de aplicabilidad de las zeolitas. Esta historia de evolución en el mundo de las zeolitas empezó con la síntesis de la zeolita Levynita por St Claire Deville en 1982, sin embargo, la síntesis de zeolitas tal y como la conocemos ahora tuvo sus orígenes en los trabajos de Richard Barrer y Robert Milton en los años 1940. Los nuevos métodos de síntesis han permitido introducir otros heteroátomos diferentes del Si y Al en posiciones tetraédricas, como pueden ser Zn, Ga, Be, Ge, Ti, Sn, P, B...

Existe, además, la posibilidad de preparar nuevos materiales de estructura zeolítica que no contienen silicio, llamados zeotipos, como AlPOs, MeAlPOs, germanatos, etc., por lo cual se ha aceptado una definición más amplia del término zeolita siendo cualquier material cristalino microporoso cuya estructura esté formada por unidades tetraédricas $TO_{4/2}$ unidas por los vértices formando una red tridimensional, independientemente de su composición. En definitiva, la composición química de una zeolita puede representarse mediante la siguiente fórmula general:



donde M son cationes con estado de oxidación n+ que compensan la carga que introducen en la red los elementos T^{III} , y que se localizan en los canales y/o cavidades de la estructura. Los valores de x, y, n o z dependen de la estructura zeolítica.

Propiedades de las zeolitas

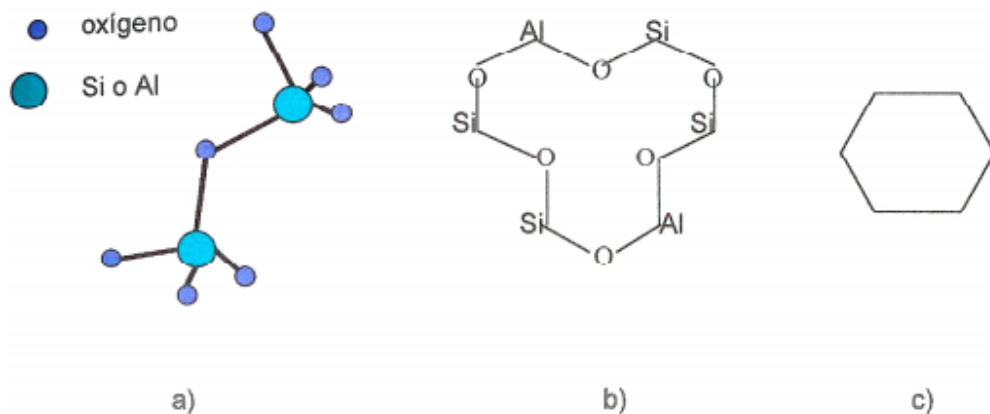
Según Breck (1974) las zeolitas son caracterizadas por las siguientes propiedades:

- ✚ Estructuras cristalinas estables
- ✚ Poros de tamaño uniforme y de dimensiones moleculares.
- ✚ Alto grado de hidratación.
- ✚ Baja densidad y un gran volumen de poros cuando es deshidratado.
- ✚ Estabilidad de su estructura cristalina cuando se deshidrata.
- ✚ Propiedades de intercambio catiónico.
- ✚ Por su habilidad de adsorber gases y vapores.
- ✚ Por sus propiedades catalíticas.

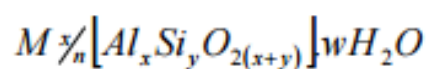
Estructura

En las zeolitas la unidad estructural básica o “unidad primaria de construcción” es la configuración tetraédrica de cuatro átomos de oxígeno alrededor de un átomo central, generalmente de Si o Al.

Figura 1.2 Unidades de construcción de la zeolita a) dos tetraedros SiO₄/ AlO₄ unidos a través de oxigenos, b) anillo de seis que contiene dos átomos de Al y cuatro de Si, c) versión abreviada del anillo



La fórmula que define, desde el punto de vista químico, a una celda unitaria de la zeolita, está dada por:



Donde

M = Cación de valencia “n”

x = Número de átomos de aluminio

Y = Número de átomos de silicio

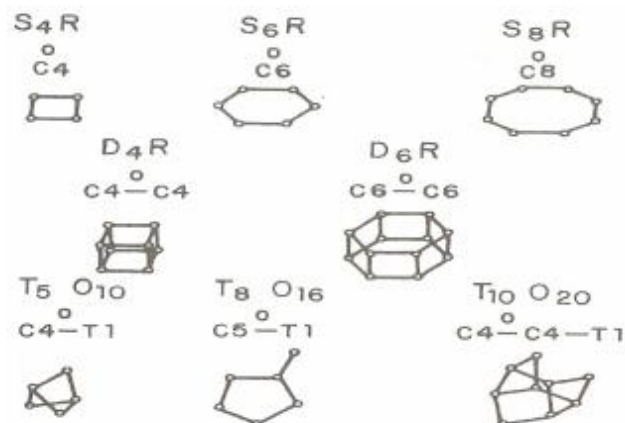
w = Número de moléculas del agua

2(x+y) = Número de átomos de oxígeno

Las zeolitas tienen en común subunidades estructurales que cuentan con un orden específico de tetraedros. Estas subunidades son llamadas unidades secundarias de construcción (SBU), las unidades primarias son por supuesto los tetraedros de $(\text{SiO}_4)^{-4}$ y $(\text{AlO}_4)^{-5}$

Esta clasificación fue propuesta por Meier, en 1968, la cual menciona la existencia de 8 unidades secundarias de construcción.

Figura 1.3 Unidades secundarias de construcción (SBU)



Propiedades físicas

Las propiedades físicas de una zeolita deben de considerarse de dos formas: (a) primero una descripción mineralógica de la zeolita desde el punto de vista de sus propiedades naturales, incluyendo la morfología, hábitos del cristal, gravedad específica, densidad, color, tamaño del cristal o grano, el grado de cristalización, resistencia a la corrosión y abrasión; y (b) el segundo desde el punto de vista de su desempeño físico como un producto para cualquier aplicación específica, tomando en

cuenta las características de brillantes, color, viscosidad de Brookfield, viscosidad de Hércules, área superficial, tamaño de partícula, dureza, resistencia al desgaste.

La caracterización de cualquier zeolita siempre incluye la descripción básica de sus características mineralógicas y una evaluación al cambio con el efecto con la humedad las cuales son consideradas para las aplicaciones comerciales específicas.

Tabla 1.4
Características generales de las zeolitas

Diámetro de poro: 2 a 12 Å
Diámetro de cavidades: 6 a 12 Å
Superficie interna: varios cientos de m ² /g
Capacidad de intercambio catiónico: hasta 650 meq/100 g
Capacidad de adsorción: < 0.35 cm ³ /g
Estabilidad térmica: desde 200° hasta más de 1000°C

Propiedades químicas

Las aplicaciones de las zeolitas naturales hacen uso de uno o más de sus propiedades químicas, que generalmente incluye el intercambio de iones, adsorción o deshidratación y rehidratación. Estas propiedades están en función de la estructura del cristal de cada especie, y su estructura y composición catiónica.

Descripción de las siguientes propiedades:

Catálisis: Zeolitas son extremadamente útiles como catalizadores para muchas reacciones importantes con moléculas orgánicas. Las más importantes son craqueo, isomerización y síntesis de hidrocarburos. Las zeolitas pueden promover una serie de reacciones catalíticas incluyendo ácido-base y reacciones de metal inducido. Las zeolitas también pueden ser catalizadores de ácidos y pueden usarse como soporte para metales activos o reactivos.

Las zeolitas pueden ser catalizadores selectivos en cuanto a la forma, tanto por la selectividad del estado de transición o por exclusión de reactivos competidores en base al diámetro de la molécula. También se han utilizado como catalizadores de oxidación. Las reacciones tienen lugar dentro de los poros de la zeolita, que permite un mayor grado de control del producto.

La principal aplicación industrial son: refinamiento del petróleo, producción de fuel e industria petroquímica. Las zeolitas sintéticas son los catalizadores más importantes en las refinerías petroquímicas.

Intercambio de iones: Cationes hidratados dentro de los poros de la zeolita están unidos débilmente y preparados para intercambiarse con otros cationes cuando se encuentran en un medio acuoso. Esta propiedad permite su aplicación como ablandadores de agua, y el uso de zeolitas en detergentes y jabones. Los mayores volúmenes de uso de zeolitas son en la formulación de detergentes donde se reemplazan fosfatos como agentes ablandadores del agua. Esto se realiza mediante el intercambio de sodio en la zeolita por Calcio y Magnesio presente en el agua. Es incluso posible remover iones reactivos del agua contaminada.

El intercambio de iones en una zeolita depende de:

- ✚ la naturaleza de las especies catiónicas, o sea, del catión, de su carga, etc.
- ✚ la temperatura.
- ✚ la concentración de las especies catiónicas en solución.
- ✚ Las especies aniónicas asociadas al catión en solución.
- ✚ El solvente (la mayor parte de los intercambios se lleva a cabo en solución acuosa, aunque también algo se hace con solventes orgánicos) y,
- ✚ Las características estructurales de la zeolita en particular.

Adsorción: Las zeolitas se usan para la adsorción de una gran variedad de materiales. Esto incluye aplicaciones en secado, purificación y separación. Pueden remover agua a presiones parciales muy bajas y son unos desinfectantes muy efectivos, con capacidad de más de un 25% en peso con agua. Pueden extraer químicos orgánicos volátiles de las corrientes de aire, separar isómeros y mezclar gases.

Una propiedad de las zeolitas es su capacidad para la separación de gases. La estructura porosa de las zeolitas puede utilizarse como "tamiz" para moléculas con un cierto tamaño permitiendo su entrada en los poros. Esta propiedad puede cambiarse variando la estructura y así cambiando el tamaño y el número de cationes alrededor de los poros.

Otras aplicaciones que pueden tener lugar dentro del poro incluye la polimerización de materiales semi-conductores y polímeros conductores para producir materiales con propiedades físicas y eléctricas extraordinarias.

Clasificación de las zeolitas

- ✚ **Por densidades estructurales:** Las zeolitas pueden clasificarse en función de las densidades estructurales, ya que las estructuras que presentan los poros más grandes poseen una densidad menor.
- ✚ **Por sbu:** Usualmente, es posible reconstruir la estructura de una zeolita por una combinación de sbus. Por ejemplo, las zeolitas mordenita, dichardita, epistilbita, ferrierita y bikitaita pueden construirse utilizando únicamente la sbu 5-1.
- ✚ **Por tamaño de poro:** Se consideran materiales porosos aquellos cuya porosidad (Volumen poros/volumen total) entre 0.2 y 0.95. La International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) define como sólidos microporosos a aquellos que presentan poros de diámetros inferiores a 20Å, mesoporosos a los comprendidos entre 20 a 500 Å y macroporosos los que tienen poros superiores a 500 Å.

Clasificación de las zeolitas respecto al tamaño de los poros

Zeolita	Átomos de O en la abertura	Diámetro de poro θ (Å)	Ejemplos
Poro extra grande	≥ 14	$\theta > 9 \text{ Å}$	AIPO ₄ -8; VPI-5
Poro grande	12	$(6 \text{ Å} < \theta < 9 \text{ Å})$	Y; β ; Ω ; mordenita
Poro mediano	10	$5 \text{ Å} < \theta < 6 \text{ Å}$	ZSM-5; ZSM-11
Poro pequeño	8	$3 \text{ Å} < \theta < 5 \text{ Å}$	Heroinita; A; SAPO-34

Tipos de zeolitas

- ✚ **Zeolitas Naturales:** La zeolitas naturales ocurren tanto en rocas sedimentarias, como volcánicas y metamórficas. Existen más de 40 tipos que ocurren en la naturaleza.

Tabla 1.5 Clasificación de algunas zeolitas naturales

		Volumen de poro*
Grupo de las analcimas		
Analcimas	$\text{Na}_{16} (\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.18
Wairakita	$\text{Ca}_8 (\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.18
Leucita	$\text{K}_{16} (\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96})$	0
Grupo de las natrolitas		
Natrolita	$\text{Na}_{16} (\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.21
Edingtonita	$\text{Ba}_2 (\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{20}) 6\text{H}_2\text{O}$	0.35
Thomsonita	$\text{Na}_4 (\text{Al}_{20}\text{Si}_{20}\text{O}_{80}) 24\text{H}_2\text{O}$	0.32
Grupo de las Filipsitas		
Filipsita	$(\text{K}, \text{Na})_5 (\text{Al}_3\text{Si}_{11}\text{O}_{32}) 10\text{H}_2\text{O}$	0.30
Garronita	$\text{NaCa}_{2.5} (\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32}) 14\text{H}_2\text{O}$	0.41
Gismondina	$\text{Ca}_4 (\text{Al}_8\text{Si}_8\text{O}_{32}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.47
Grupo de las heulanditas		
Heulandita	$\text{Ca}_4 (\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}) 24\text{H}_2\text{O}$	0.35
Clinoptilolita	$\text{Na}_6 (\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}) 24\text{H}_2\text{O}$	0.34
Estilbita	$\text{Na}_2\text{Ca}_4 (\text{Al}_{10}\text{Si}_{26}\text{O}_{72}) 32\text{H}_2\text{O}$	0.38
Grupo de las modernitas		
Modernita	$\text{Na}_8 (\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) 24\text{H}_2\text{O}$	0.26
Ferrierita	$\text{Na}_{1.5}\text{Mg}_2 (\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) 18\text{H}_2\text{O}$	0.24
Epistilbita	$\text{Ca}_3 (\text{Al}_6\text{Si}_{18}\text{O}_{48}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.34

<u>Grupo de las Chabasitas</u>		
Chabasita	$\text{Ca}_2 (\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24}) 13\text{H}_2\text{O}$	0.48
Erionita	$(\text{Ca},\text{Mg},\text{Na},\text{K})_{4,5} (\text{Al},\text{Si}_{27}\text{O}_{72}) 27\text{H}_2\text{O}$	0.36
Zeolita L	$\text{K}_6\text{Na}_5 (\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}) 21\text{H}_2\text{O}$	0.28
<u>Grupo de las faujasitas</u>		
Faujasitas (X, Y)	$\text{Na}_{12}\text{Ca}_{12}\text{Mg}_{12} (\text{Al}_{59}\text{Si}_{155}\text{O}_{584}) 26\text{H}_2\text{O}$	0.53
Zeolita A	$\text{Na}_{12} (\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}) 27\text{H}_2\text{O}$	0.47
Zeolita ZK-5	$\text{Na}_{10} (\text{Al}_{30}\text{Si}_{66}\text{O}_{192}) 98\text{H}_2\text{O}$	0.45
<u>Grupo de las Laumontitas</u>		
Laumontita	$\text{Ca}_4 (\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.35
Yugawaralita	$\text{Ca}_4 (\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.30
<u>Grupo de las Pentasil</u>		
Zeolita ZSM-5		
Zeolita ZSM-11	$\text{Na}_n (\text{Al}_n\text{Si}_{96-n}\text{O}_{192}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.32

Existen diferentes tipos de zeolitas naturales de acuerdo a su composición mineralógica, entre las más comúnmente usadas y de mayor abundancia podemos nombrar: Clinoptilolita, Chabazita, Heulandita, Modernita, Filipita, Silicalita y Heroinita. Entre ellas, la clinoptilolita y la heulandita son las de mayor interés y las más abundantes en Argentina.

- ✚ *Zeolitas Sintéticas:* Hasta octubre 2012 se han identificado 206 tipos de zeolitas según su estructura. Debido a las aplicaciones de estas zeolitas, esto ha hecho que exista una producción comercial de zeolitas artificiales con características particulares.

Aplicaciones

Zeolitas en agricultura

Las zeolitas son aluminosilicatos con gran capacidad de intercambio catiónico y absorción. Por su estructura microporosa interna contribuyen al acondicionamiento físico de los suelos, retención de nutrientes, soporte y medio absorbente y de intercambio de cationes.

La zeolita es un mineral natural que posee carga negativa, la cual se ve balanceada por cationes cuya carga es positiva. De esta manera constituye una trampa ideal de nutrientes como el amonio (NH_4^+) y el potasio (K^+) que serán liberados para las raíces de las plantas cuando éstas los demanden. También actúa sobre el calcio descomponiendo la roca fosfórica y el yeso.

Esta propiedad también permite disminuir las pérdidas de nutrientes por volatilización y lixiviación. Se logra así incrementar la efectividad de la fertilización, disminuir la dosis de fertilizante a aplicar con la consecuente disminución del costo de dicha práctica y optimización de sus beneficios. Adicionalmente se ve reducido el impacto ambiental negativo que produce la fertilización.

Las zeolitas mejoran significativamente el rendimiento de los fertilizantes y nutrientes y regulan el agua del suelo, optimizan su aprovechamiento por parte de las plantas y disminuyen la cantidad de agua requerida para los cultivos.

Con la aplicación de zeolita al suelo se puede incrementar su capacidad de retener nutrientes y mejorar sus propiedades físicas.

Nutrientes como nitrógeno y potasio son retenidos por las cargas negativas de la clinoptilolita y liberados lentamente.

La zeolita aporta un depósito de agua permanente, proporcionando humedad prolongada durante los períodos secos y promoviendo la rápida humectación y mejora del agua en la zona de las raíces durante el riego.

La zeolita es muy porosa y tiene una gran área superficial. La selectividad de la zeolita por el amonio ayuda a prevenir la toxicidad cuando se aplica en exceso. La retención y liberación controlada de los nutrientes necesarios mejora el rendimiento de los cultivos en general. Ofrece una reserva permanente de nutrientes que permite al usuario reducir los fertilizantes y tener una mejor vegetación.

Las zeolitas también retienen agua en su estructura porosa, lo que significa que la planta siempre tendrá reserva de agua y nutrientes disponible en la tierra. La combinación de estos efectos reduce el consumo de agua y de fertilizante porque se pierde menos agua por evaporación y filtración y menos fertilizante debido a la lixiviación.

Las zeolitas pueden utilizarse para modificar suelos de baja calidad o como aditivo en mezclas de sustratos, o pueden utilizarse en forma pura como medio de cultivo. Pueden modificarse para hacer fertilizantes de liberación lenta y pueden utilizarse

como soporte para herbicidas, pesticidas o micro-organismos que promueven el crecimiento de plantas sanas.

Con el aumento en las restricciones sobre el uso de agroquímicos, las zeolitas ofrecen una alternativa ecológica para el agricultor moderno consciente de los efectos negativos del cultivo intensivo sobre el medio ambiente.

Ventaja de la adición de la zeolita al suelo:

- Mejoran significativamente el rendimiento de los fertilizantes y nutrientes
- Mejora el valor de los fertilizantes y sus propiedades físicas
- Reduce el consumo de fertilizantes nitrogenados
- Retiene nutrientes para luego ser absorbidos por las plantas
- Incrementa la disponibilidad de nutrientes
- Reduce las pérdidas de nutrientes en el suelo
- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico
- Además de mejorar el uso de los nutrientes mejora la eficiencia en el uso del agua (EUA) por parte del cultivo con lo que logra incrementar aún más el aprovechamiento de los fertilizantes e incrementar los rendimientos.
- Mejora las propiedades del suelo a largo plazo
- Mejora la trabajabilidad del suelo e incrementa su estabilidad
- Contribuye a un mejor crecimiento de las plantas
- Incrementa el rendimiento de cultivos y pasturas

Nutrición animal

La adición de zeolitas naturales a los alimentos animales incrementa la eficiencia global de la alimentación al disminuir el impacto del amoníaco en el sistema digestivo animal, al absorber las micotoxinas, y por otros factores, como el control de diarreas y la facilitación de absorción de nutrientes.

La zeolita comienza a trabajar en el tracto digestivo de los animales, absorbiendo el amonio a partir del momento en que el alimento empieza a ser digerido. El proceso de absorción ayuda a la digestión y aumenta la eficiencia del control del olor del producto. Puesto que el amonio es atrapado desde el principio, la pérdida de NH_4^+ se reduce hasta el 65%.

La incorporación de clinoptilolita en cantidades entre el 1 al 3 % en la masa de alimentación de los pollos criados para consumo (broiler chickens), hace que alcancen en menor tiempo el peso a partir del cual se los vende.

La clinoptilolita también reduce la incidencia de diarrea posterior al destete cuando es agregada desde el comienzo a la dieta de cerdos jóvenes. Como suplemento alimentario puede reducir los niveles de antibiótico requeridos, particularmente en los cerdos (Holmes, 1994).

La clinoptilolita es un aditivo aprobado por la UE (E568) para uso como aglutinante, agente antiaglomerante y coagulante para animales.

Ventajas del uso de la zeolita en nutrición animal:

- Reducción de diarrea, enteritis y otros problemas gastrointestinales
- Mejorador de la Eficiencia del Alimento, Secuestrante de Micotoxinas
- Mayor y mejor absorción de todos los nutrientes en el proceso digestivo
- Mayor tasa de crecimiento
- Conversión mejorada de la alimentación
- Fuerte afinidad por el amonio, que provee importante control del olor y un entorno saludable
- Mejor crecimiento del hueso
- Disminución de la edad de faenamiento
- Aumento de los porcentajes de postura
- Mejoramiento de la calidad del huevo
- Mayor cantidad de litros de leche con mayor contenido de grasa y proteína (hasta un 10% más que lo normal)
- Mejor calidad de vida para los animales

Control de olor

Una de las causas principales del olor alrededor de animales es la generación del amoníaco de la urea y del abono. La zeolita controla el olor mediante la captura del amonio y la prevención de la formación del amoníaco que causa el olor nocivo. La zeolita con amoníaco se convierte en un producto secundario como fertilizante. Los usos típicos para control de olor incluyen feed lot, boxes de caballos, cerdos, aves de corral, literas de gatos, artículos personales, filtros de aire, limpieza de la alfombra para los animales domésticos, pañales, clínicas veterinarias.

Ventajas:

- Las zeolitas naturales tienen la capacidad de absorber agua, gases y cationes, por lo tanto su empleo en las instalaciones contribuye a mejorar las condiciones de las mismas.
- Reducción de los efectos tóxicos de altas concentraciones de amoníaco y otros gases
- Reducción de costos por aumento del tiempo de explotación, menor gasto de medicamentos, menor mortalidad de animales y recuperación del capital invertido al convertirse en un desecho beneficioso para ser utilizado en otros usos, como producción de vegetales
- Disminución del consumo de agentes químicos para la desinfección del ambiente

- En nidales para aves reproductoras, aumenta la disponibilidad de huevos para incubación por estar más limpios y menos contaminados con *Aspergillus*.
- Se puede aumentar el número de animales por metro cuadrado en el caso de pollos de ceba, lo que incrementa la producción.
- Al controlar la humedad hace que disminuya el ambiente propicio para el desarrollo de parásitos, larvas de insectos y otros microorganismos patógenos.
- Las camas de zeolita actúan como desodorizantes de las instalaciones

Filtrado

La zeolita se utiliza como material filtrante en la industria alimentaria: aceiteras, bodegas, cerveceras, industria azucarera, etc.

También se utilizan en el acondicionamiento y potabilización del agua por filtración captando partículas de tamaños aún muy pequeños, y purificación por intercambio iónico y /o procesos microbiológicos.

Control Ambiental

Las zeolitas se utilizan para prevenir o eliminar contaminación medioambiental. Pueden usarse para filtrar flujos de gases o líquidos de instalaciones industriales y son muy efectivas para limpiar terrenos contaminados. Sus propiedades absorbentes las hace ideales para limpiar efluentes conteniendo productos peligrosos. Absorben metales pesados, materiales radioactivos, y eventualmente arsénico.

Almacenamiento de granos, semillas y fertilizantes

Durante el almacenamiento al ambiente los granos mezclados con zeolita muestran similar comportamiento que en el almacenaje en frigorífico. En los granos de todas las especies hay menor número de insectos y hongos cuando está presente la zeolita en el almacenaje al ambiente. En el almacenamiento de fertilizantes, especialmente embolsados, evita la compactación y la formación de terrones.

Catalizadores y refinación del petróleo

Aunque la mayoría de las zeolitas usadas en la industria petrolera son sintéticas, se están utilizando zeolitas naturales.

Portadores

Debido a su porosidad, la zeolita se puede utilizar como portador para los insecticidas, los pesticidas, y los herbicidas. En los piensos se utiliza como portador para los antibióticos, las enzimas, y otras medicinas.

Desecativos

La zeolita se ha utilizado como desecante en corrientes gaseosas.

Pelletizado

La zeolita proporciona beneficios en la mecánica de materiales y en los procesos de producción de alimentos balanceados pelletizados.

Zeolita en la construcción

Las zeolitas son aluminosilicatos porosos y por tanto son puzolanas naturales. Pueden utilizarse para sustituir hasta 40% del cemento Portland para obtener un hormigón ligero con propiedades específicas. El hormigón puede hacerse con una resistencia a compresión entre 5 y 30 MPa y densidad entre 500 y 1500 kg/m³.

La estructura porosa de la zeolita retiene agua que puede aumentar el tiempo de fraguado y la resistencia a compresión durante el fraguado. Las zeolitas tienen más elevada capacidad de intercambio catiónico que otras puzolanas naturales y esto limita o evita totalmente la reacción álcali-sílica.

La producción de cemento clinker requiere mucha energía y produce mucho dióxido de carbono, esto significa que el uso de zeolita supondría un ahorro energético y una importante reducción de emisiones de CO₂.

La zeolita se expande al calentarse hasta 1200°C para producir un agregado ligero con densidad de alrededor de 0,8 kg/cm³. Eso puede utilizarse para fabricar bloques ligeros para construcción o paneles decorativos.

La zeolita natural también se puede utilizar para hacer cerámica, esmaltes y fritas.

El mundo de la construcción es muy dinámico y existe una gran demanda de alta tecnología y materiales energéticamente eficientes. La zeolita natural es una materia prima que ofrece grandes oportunidades para el desarrollo de futuros materiales de construcción.

Tratamientos de aguas

Las zeolitas contribuyen a un medio ambiente más limpio y más seguro en un gran número de maneras y desempeñan un papel significativo en la reducción de residuos tóxicos.

La estructura altamente porosa de la zeolita captura partículas contaminantes de hasta 4 micrones.

Tiene una carga negativa natural que le da la capacidad de absorber cationes y algunos contaminantes orgánicos y olores indeseables. Las zeolitas son muy selectivas de una variedad de cationes metálicos que pueden ser removidos de los efluentes líquidos a través del proceso de intercambio iónico.

Las zeolitas naturales son excelentes intercambiadoras de iones para la eliminación y la recuperación de los cationes de metales pesados (Pb, Cu, Cd, Zn, Co, Cr, Mn y Fe, Pb, Cu tan alta como 97%) de aguas de consumo y residuales.

El amoníaco es un problema importante para el tratamiento de aguas residuales municipales. Este mineral notable tiene una enorme capacidad de absorber el amoníaco. Los niveles de amoníaco en las aguas residuales municipales se pueden reducir a 10-15 ppm después de tratadas.

Las capacidades de filtrado de las zeolitas ofrecen una opción versátil y ecológica para la captura de la mayoría de los contaminantes que se encuentran en los sistemas de agua.

Las zeolitas naturales pueden llevar a cabo estas funciones debido a su alta capacidad de intercambio iónico, y de adsorción-desorción.

Desarrollo

La actividad consistió en la obtención de extrudados zeolíticos para su uso como soporte de catalizadores en lechos rellenos que posean una determinada dureza y porosidad.

En ciertas reacciones llevadas a cabo en lechos rellenos se suelen emplear extrudados zeolíticos, los cuales debido a su porosidad adsorben el catalizador utilizado en la reacción correspondiente, funcionando como soporte. Las zeolitas pueden ser naturales u obtenidas sintéticamente de manera convencional en forma de polvos finos. Para su empleo como agentes de adsorción no pueden utilizarse de esta forma. Por lo tanto, debemos obtener materiales preformados, utilizando convencionalmente como aglutinante un mineral de arcilla, tal como bentonita. El objetivo de esta práctica es avanzar en la obtención de extrudados que cumplan con ciertas características de resistencia mecánica y cuya área superficial específica interna no se desvíe demasiado de la zeolita utilizada. La primera condición debe cumplirse para que los extrudados puedan ser colocados en el lecho sin que se colapsen debido al peso del material que está arriba, y la segunda condición es necesaria para que los extrudados conserven las características adsorbentes.

Búsqueda de información

Comportamiento de los materiales, distintas pruebas de dureza y superficie, Papers relacionados Applied Clay Science y Catalysis Today , traducción de ellos, lectura de trabajos anteriores, etc.

Preparación de extrudados

Se realizaron tres ensayos:

Ensayo G6

Se hicieron extrudados a partir de zeolita SG1 y bentonita Quinteros, en una proporción de 60/40 P/P respectivamente.

Se mezclaron los materiales secos (119,99g) hasta homogenización visual. Luego se agregó 40g agua destilada hasta lograr un barro consistente. Se procedió a formar los extrudados con un orificio de 3 mm de diámetro. Como este barro no era extrudable se agregó 15,7g de agua destilada. Luego de formados los extrudados, se los dejó secar media hora al aire y se los cortó en dos tamaños: 9 mm (largos) y 5 mm (cortos). Se dejó secar al aire por 24 hs.

Las cantidades obtenidas al término de las 24 hs fueron:

ext. largos:	18,8293 g	ext. cortos:	13,8854 g
--------------	-----------	--------------	-----------

Luego se realizó el tratamiento térmico a distintas temperaturas:

60°C, 24 hs			
extrudados largos		extrudados cortos	
ext. largos húm:	5,0026 g	ext. cortos húm:	5,1639 g
ext. largos secos:	4,6609 g	ext. cortos secos:	4,8100 g

100°C, 24 hs			
extrudados largos		extrudados cortos	
ext. largos húm:	5.0125 g	ext. cortos húm:	5.0165 g
ext. largos secos:	4.5813 g	ext. cortos secos:	4.5391 g

500°C, 2 hs, 1°C por minuto			
extrudados largos		extrudados cortos	
ext. largos húm:	5,0237 g	ext. cortos húm:	5,0349 g
ext. largos secos:	4,4514 g	ext. cortos secos:	4,4885 g

Ensayo cp2 (Celina- Paola):

Se hicieron extrudados a partir de zeolita SG1 y bentonita Quinteros, en una proporción de 60/40 P/P respectivamente.

Se mezclaron los materiales secos (54.8g) hasta homogenización a la vista, luego se agregó 24.8gr de agua destilada con NaOH (1/4 de granalla) hasta pH 13 mezclada con 33.6gr de ludox 30%. Se mezcló nuevamente hasta homogenización, para formar un barro extrudable. Se realizaron los extrudados con un diámetro de 5mm. Se

cortaron a 1,3cm. Se dejaron secar a temperatura ambiente. Se calcinaron a 100°C, 200°C, 300°C, 400°C y 500°C.

Extrudados	Tambiente	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C
Sin calcinar	7.1345 gr	7.01gr	7.054gr	7.087gr	7.0411gr	7,0200gr
Calcinados	6.8191gr	6.086gr	6.0626gr	6.053gr	6, 034gr	6.0797gr

Ensayo cp3 (Celina- Paola):

Se hicieron extrudados a partir de zeolita 13Y Powder (c-550) marca Grace y bentonita Quinteros, en una proporción de 60/40 P/P respectivamente.

Se mezclaron los materiales secos (54.8g) durante un minuto hasta homogenización a la vista. Luego se reacomodó y nuevamente se repitió el proceso de agitación.

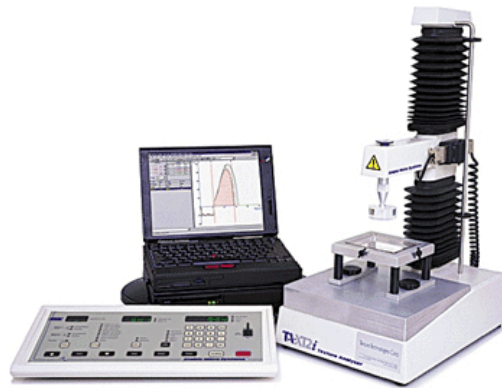
Luego se agregó una solución conteniendo 24.8gr de agua destilada, $\frac{3}{4}$ de granalla de NaOH hasta pH 12-13 y 33.6 gr. de ludox 30%, se siguió agitando, hasta obtener una consistencia barrosa.

Se realizaron los extrudados con un diámetro de 5mm, y se dejó secar al aire. Se cortaron a 1.3 cm y 2 cm de largo, y se los dejaron secar a temperatura ambiente.

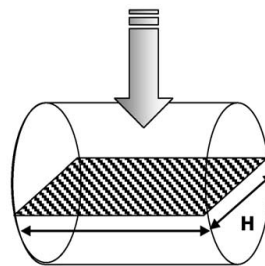
Caracterización

Dureza

Las muestras fueron sometidas a compresión unidireccional utilizando un analizador de textura TA-XT2i. Fue usado el software Texture Expert, versión 1.22 para adquisición de datos. Los siguientes parámetros de operación fueron establecidos como constantes en todos los ensayos: velocidad de carga de 1 mm/s, área transversal.



Evaluación mecánica de la fuerza sobre una partícula individual.



Donde L: es la longitud
H: es el diámetro

La resistencia mecánica de los productos extrudados sobre las partículas individuales se evaluó mediante la aplicación de diferentes pesos hasta que estas partículas fueron destruidas. Así, es posible calcular la presión máxima que la muestra de partículas puede soportar. Esta medición de la resistencia mecánica sobre una partícula se llevó a cabo mediante la aplicación del peso.

Morfología y composición

Se utilizó un microscopio electrónico de barrido marca Philips SEM 505, con capacidad analítica a través del Sistema de Microsonda EDAX DX PRIME 10 para análisis cualitativo/cuantitativo.

El microscopio electrónico de barrido (SEM) es un instrumento que permite la observación y caracterización superficial de materiales inorgánicos y orgánicos. El principio del SEM consiste en la emisión termiónica de un haz de electrones que bombardea la superficie de la muestra generando distintos tipos de fenómenos. Estas

señales que se generan en la muestra son la que nos dan la información morfológica o composicional del material analizado.

El sistema de microanálisis EDAX permite la realización de rápidos análisis químicos de elementos de número atómico Z mayor que 11 (Na) y concentraciones superiores a 0.5 wt %.

Las principales utilidades del SEM son la alta resolución (~100 Å), la gran profundidad de foco que le da apariencia tridimensional a las imágenes y la sencilla preparación de las muestras. La técnica ha sido perfeccionada con las facilidades derivadas de la digitalización y tratamiento de las imágenes. Mediante la aplicación conjunta de ambas técnicas (SEM-EDAX) es posible obtener la distribución de los elementos químicos seleccionados en áreas definidas de interés ("mapping").

Superficie

Se utilizó un equipo de adsorción y desorción de nitrógeno, marca Micromeritics modelo Asap 2020.

Es un analizador de superficie rápido y confiable, produce resultados repetibles y precisos de área superficial y porosidad.

Cristalinidad

Se utilizó un equipo marca Philips, modelo PW 1732/10.

Análisis cualitativo

En este caso, los diagramas de difracción fueron obtenidos con radiación CuK y filtro de Ni. Las condiciones de trabajo fueron voltaje 40Kv, intensidad 20mA, velocidad del goniómetro, 1°/min., 2000 c/s; constante de tiempo 2; velocidad de la carta 1°/min.;slit 1°/0.1°/1°.Las muestras se analizaron usando la técnica para análisis de polvos. La identificación de las fases presentes se realizó por comparación de las posiciones de los picos con las de los patrones standard que se encuentran en la bibliografía (Breck y ASTM Powder Diffraction File”, Joint Commitee on Powder Diffraction Standards, Philadelphia 1974).

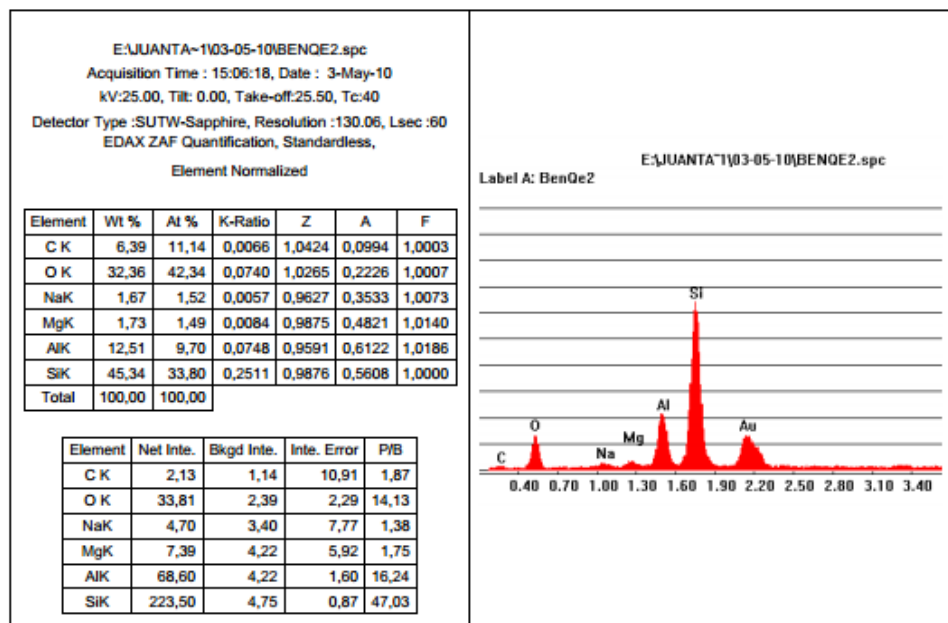
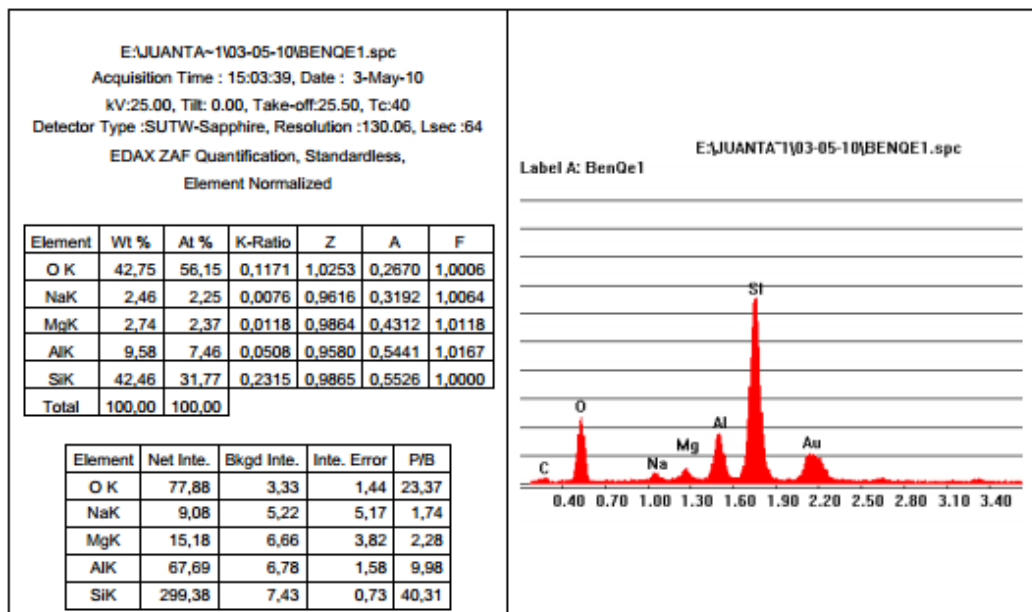
Análisis cuantitativo

Otra información útil proporcionada por el análisis de DRX es el grado de cristalinidad de la muestra que puede estimarse en base a la intensidad de los picos de difracción. La intensidad de uno o varios picos característicos es confrontada con la de los picos correspondientes de una muestra patrón de la misma estructura y cristalinidad cercana al 100%. El porcentaje de fase cristalina se calcula como

$$\% \text{cristalinidad} = \frac{\text{Intensidad del pico hkl de la muestra}}{\text{Intensidad del pico hkl de la muestra patrón}}$$

Resultados

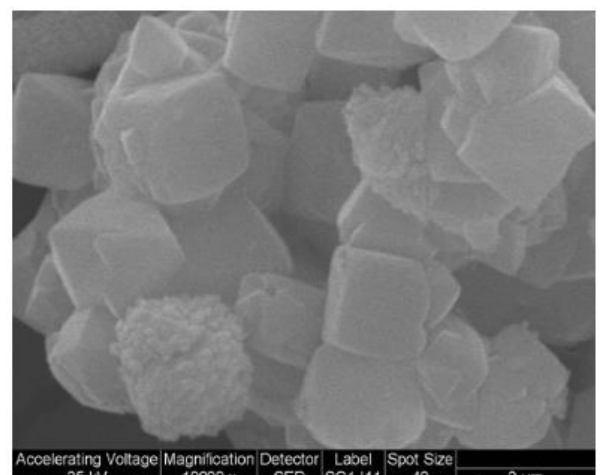
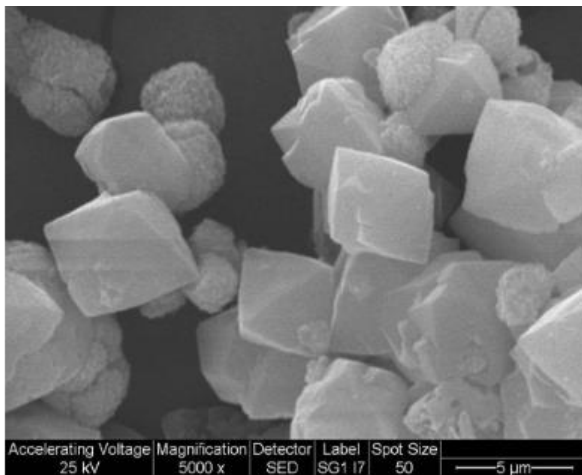
Analisis EDAX de la bentonita



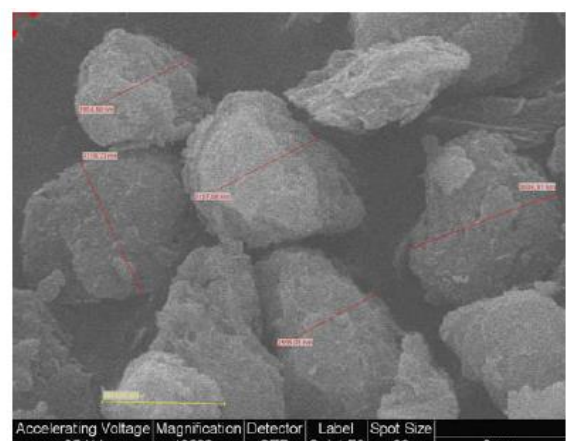
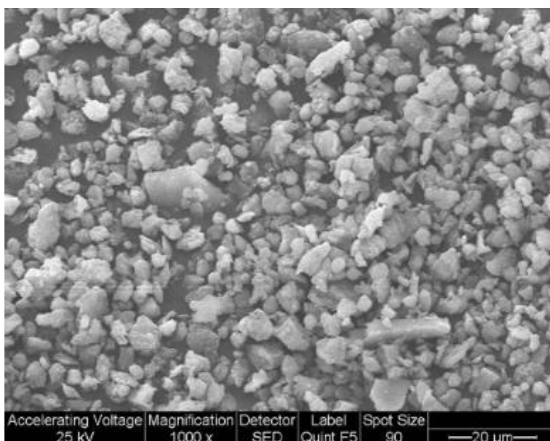
Microscopia (SEM)

SG-1:

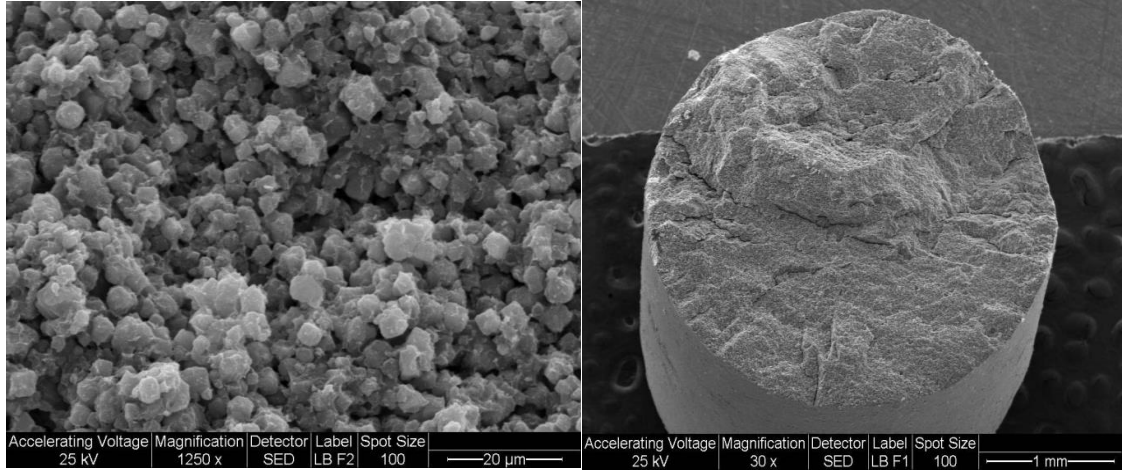
Caracterización por microscopía electrónica de barrido (SEM) de la zeolita SG1. Se observó que los cristales tienen un diámetro de aproximadamente 3 μm y parecen tener una estructura doble tetraédrica. Además se notó algunas formas esféricas que podrían ser impurezas.



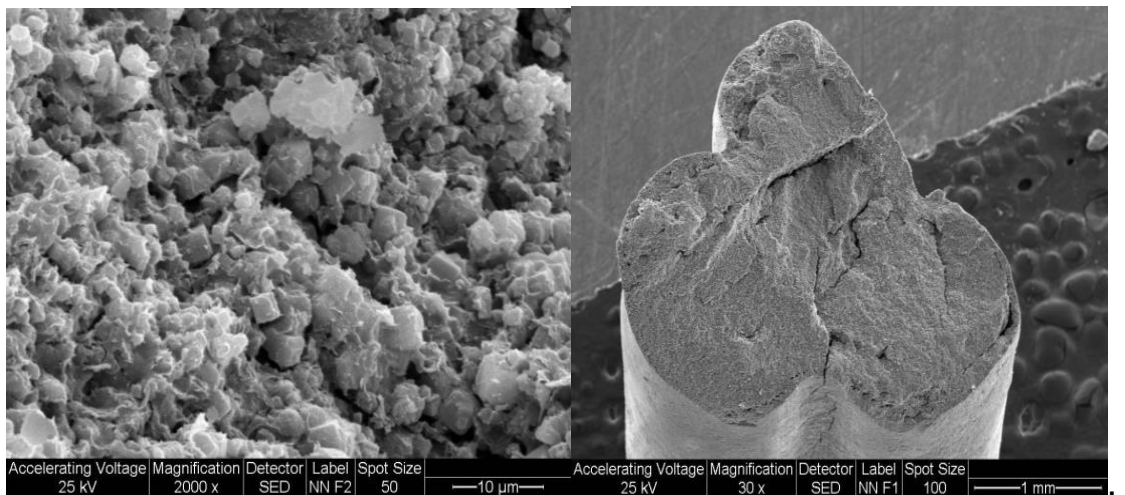
Bentonita Quintero:



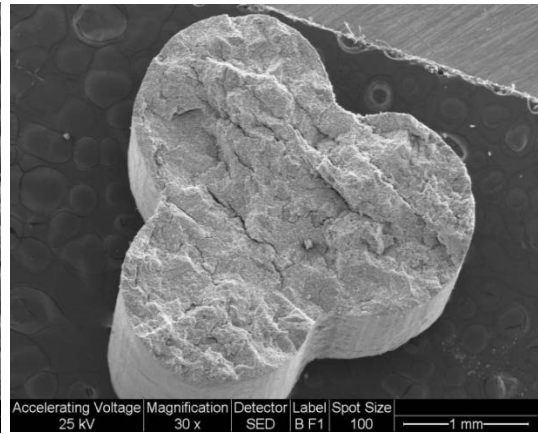
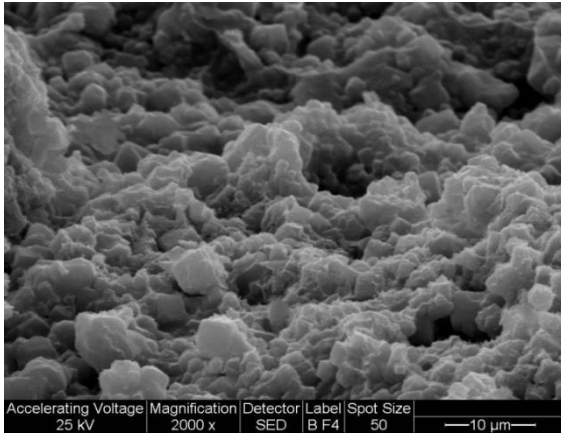
Comerciales LB:



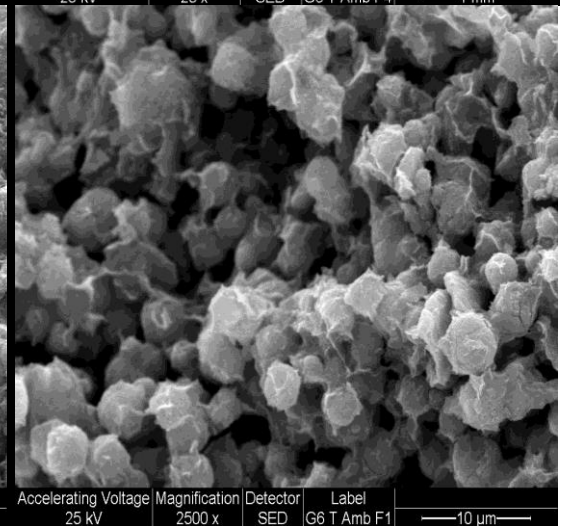
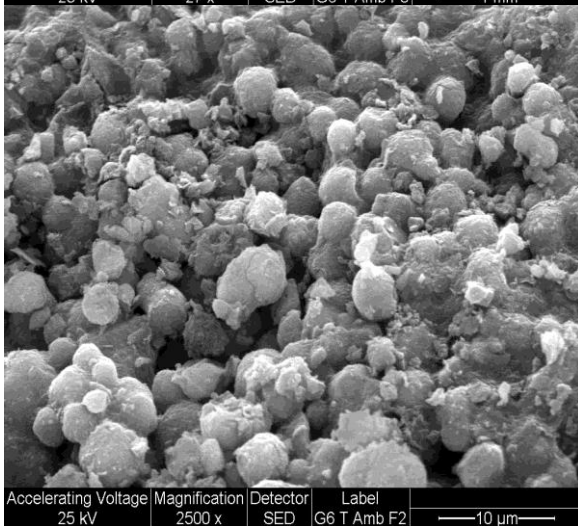
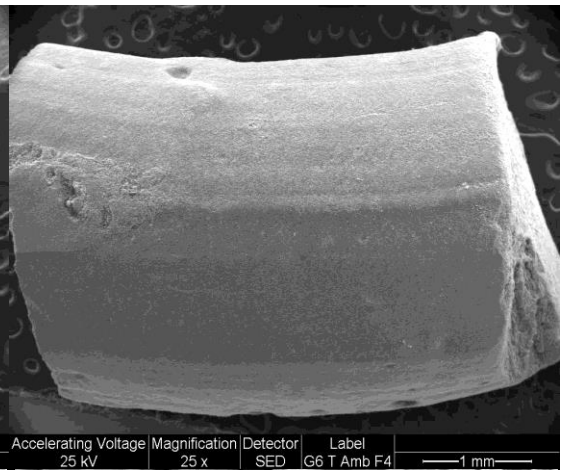
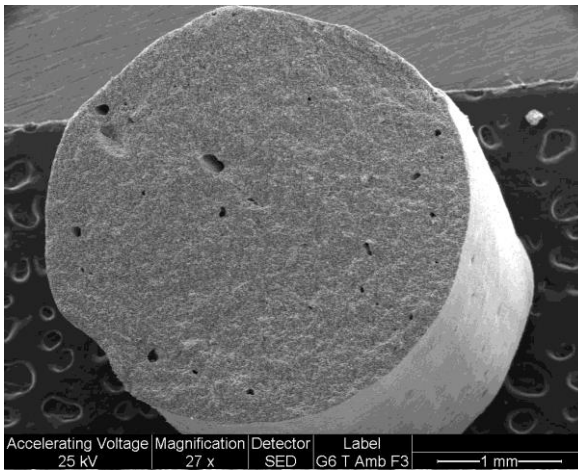
Comerciales NN:



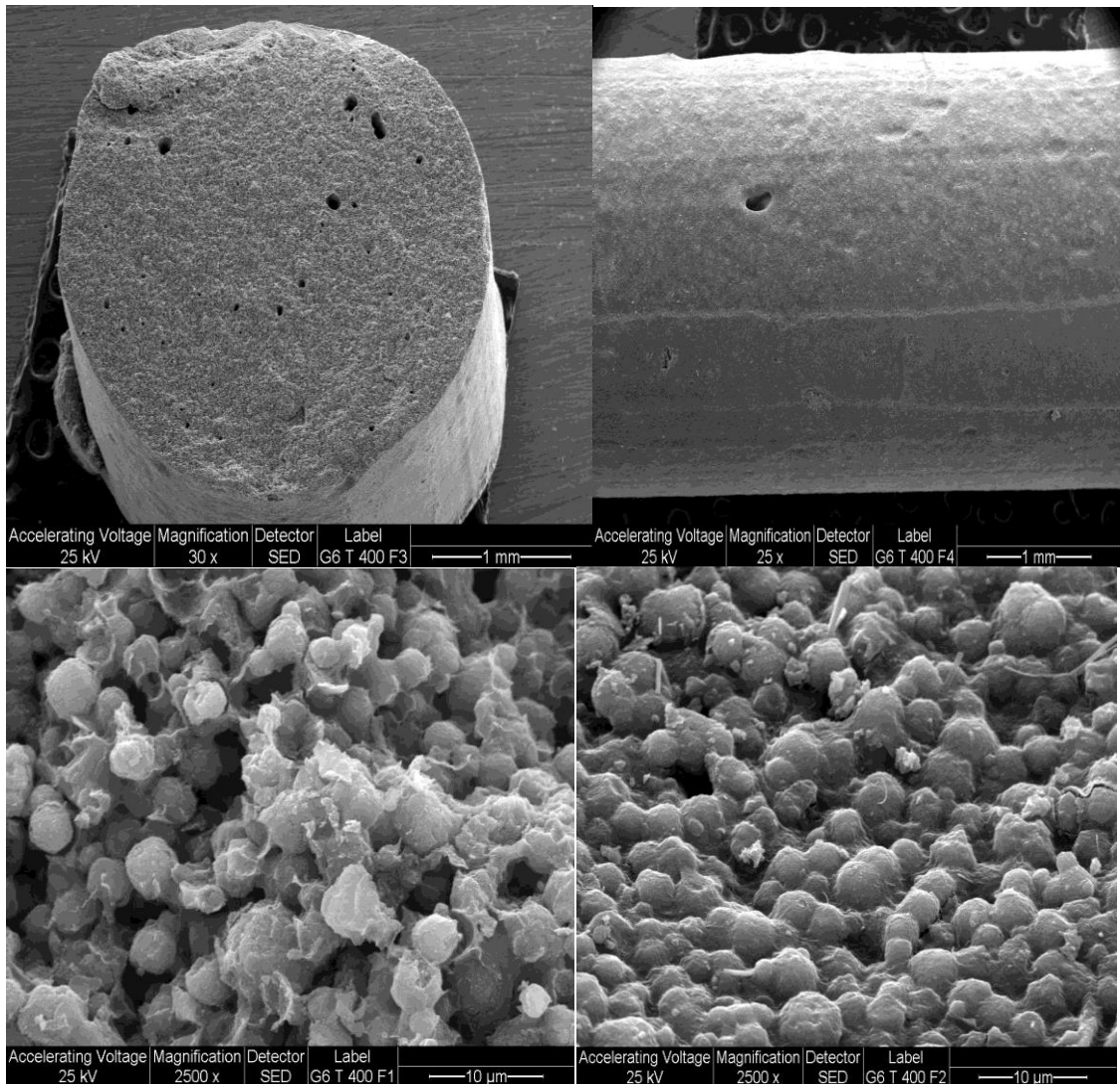
Comerciales B:



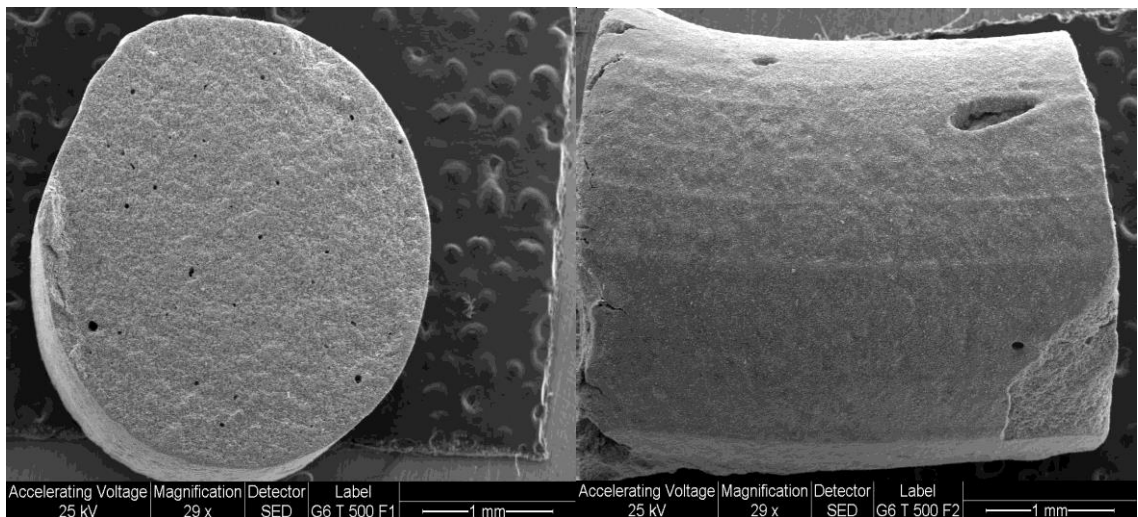
ENSAYO G6- Temperatura ambiente:

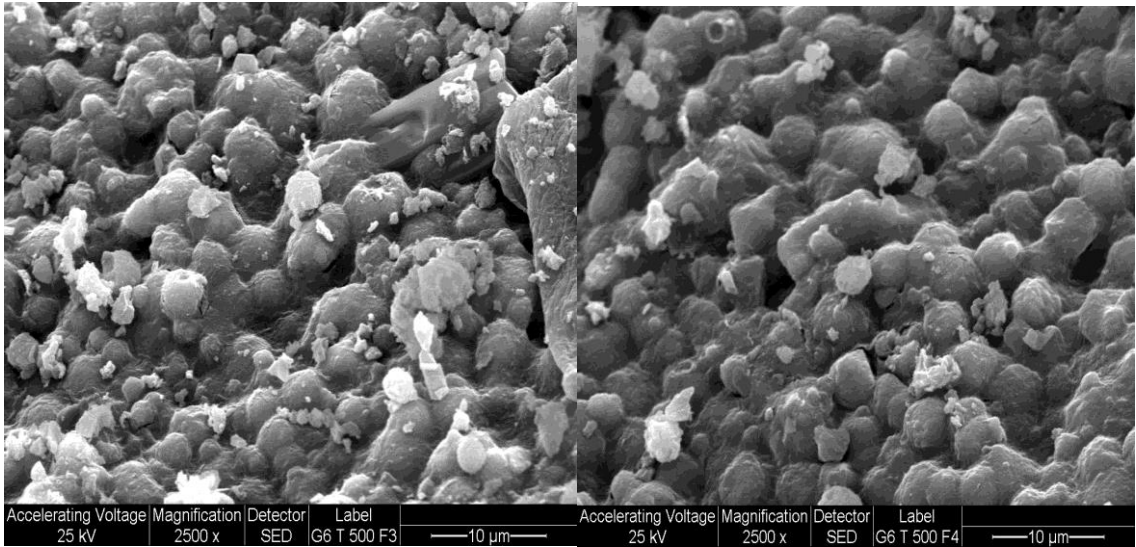


ENSAYO G6-400 °C:

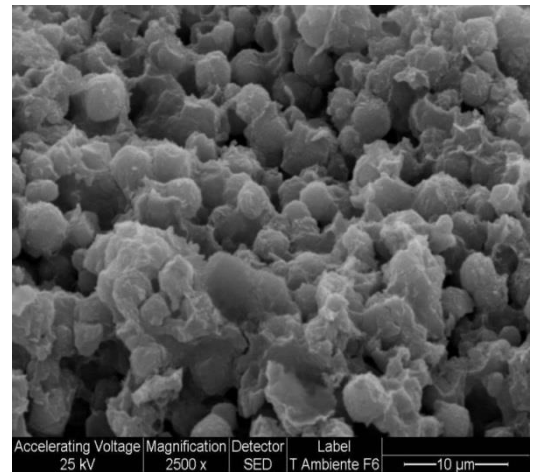
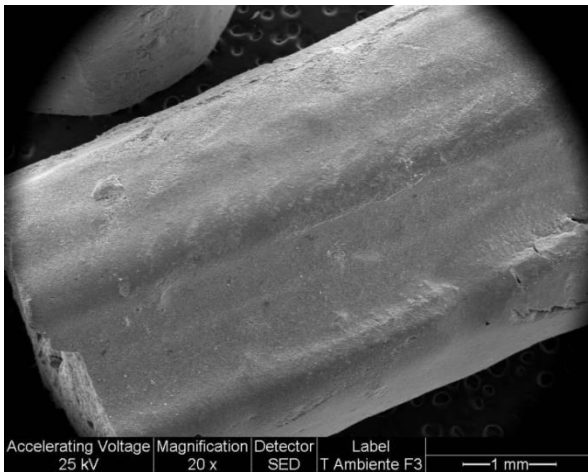


ENSAYO G6-500 °C:

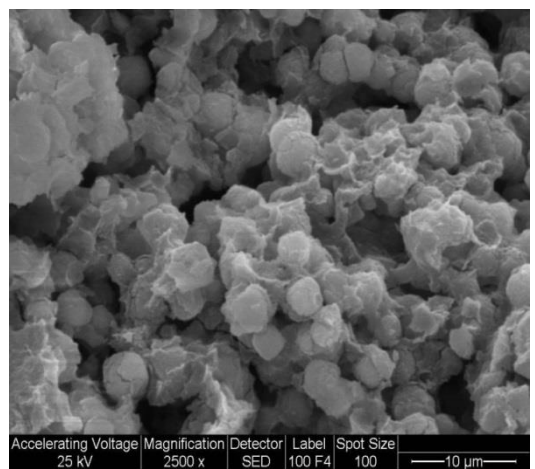
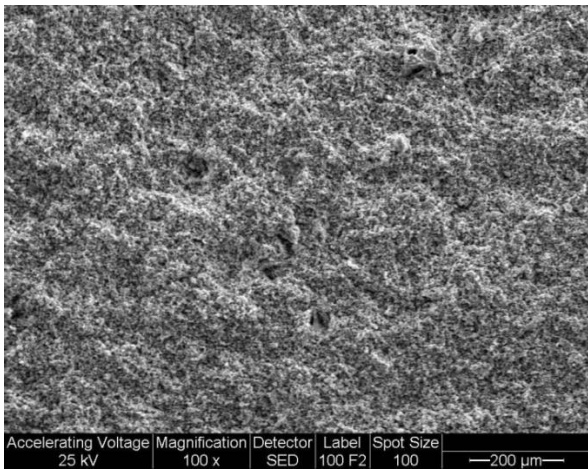




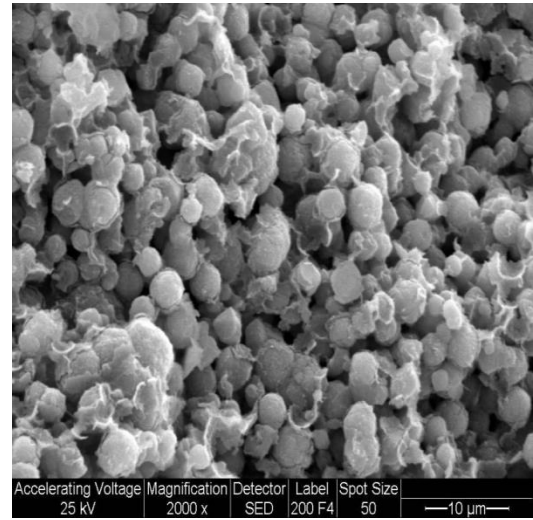
CP2 – Temperatura ambiente:



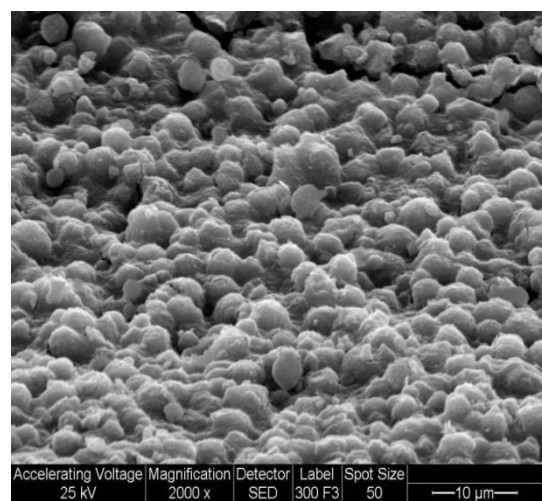
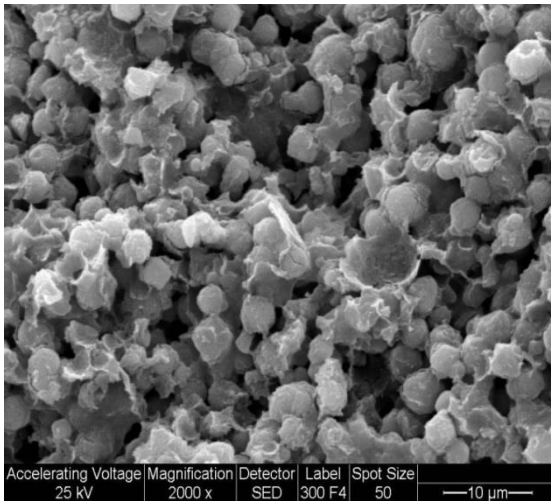
CP2- 100 °C:



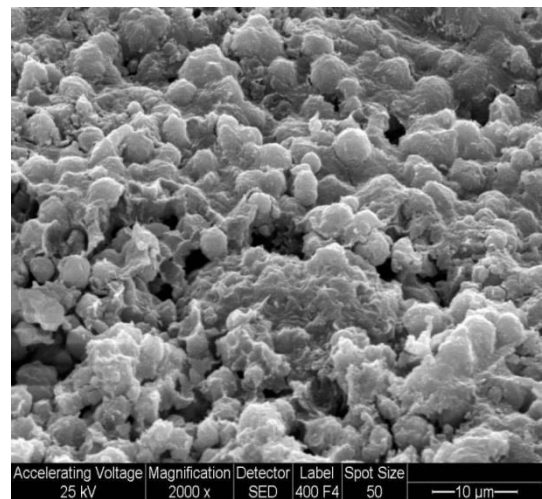
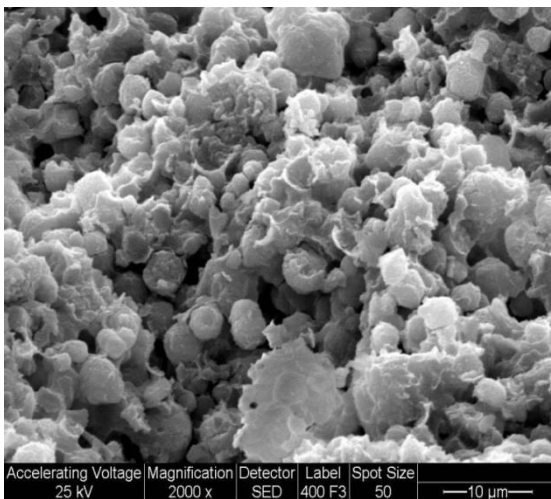
CP2- 200 °C:



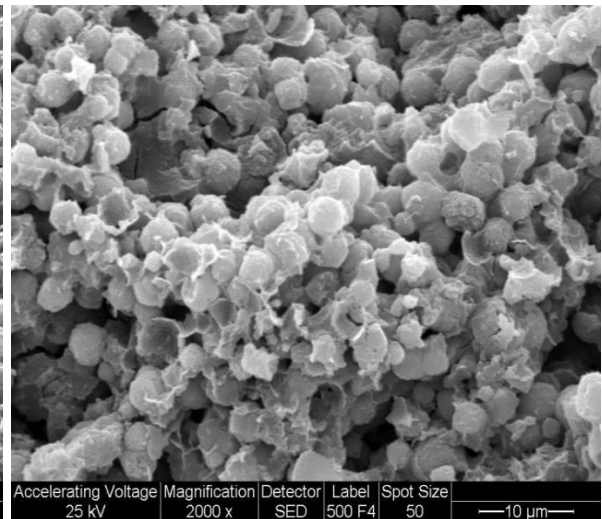
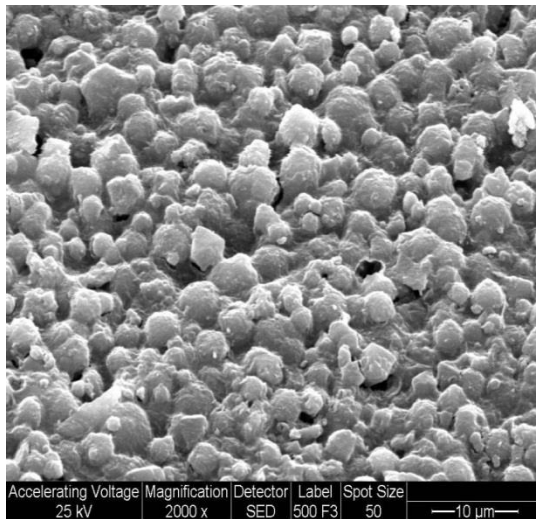
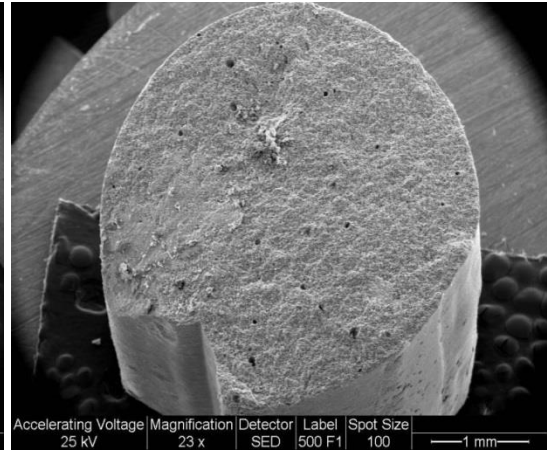
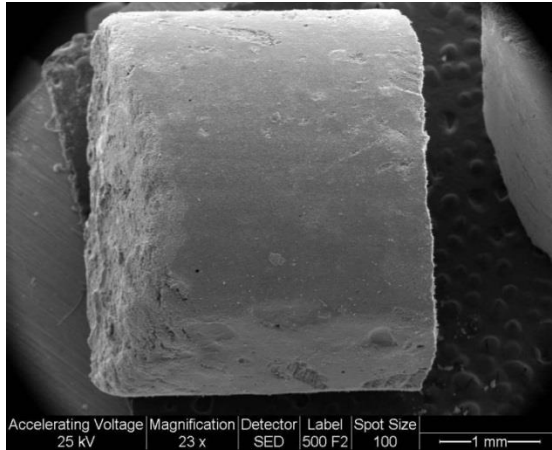
CP2- 300 °C:



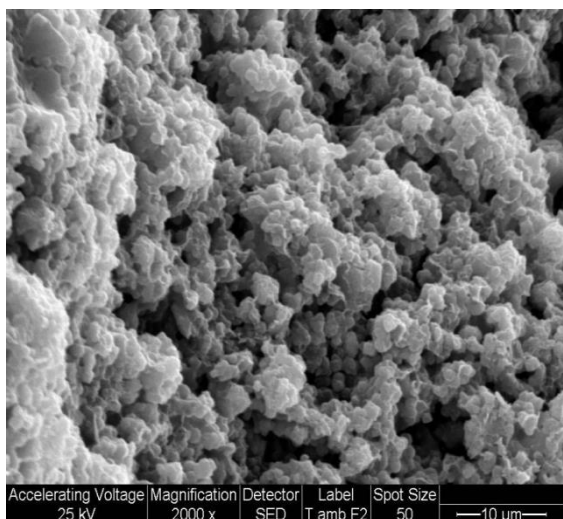
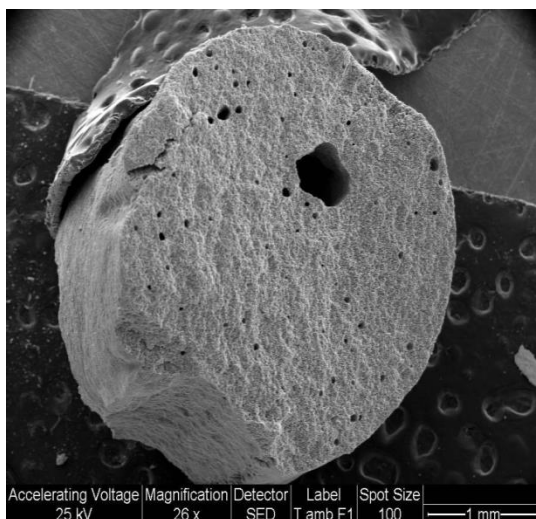
CP2- 400 °C:



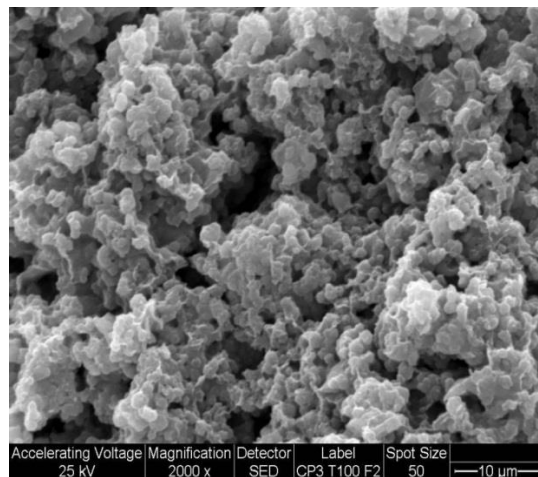
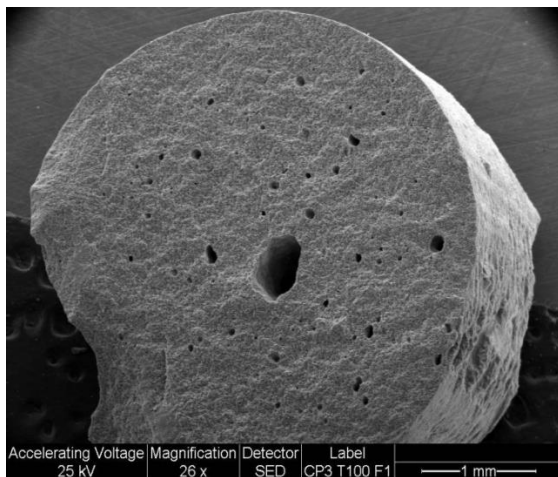
CP2- 500 °C:



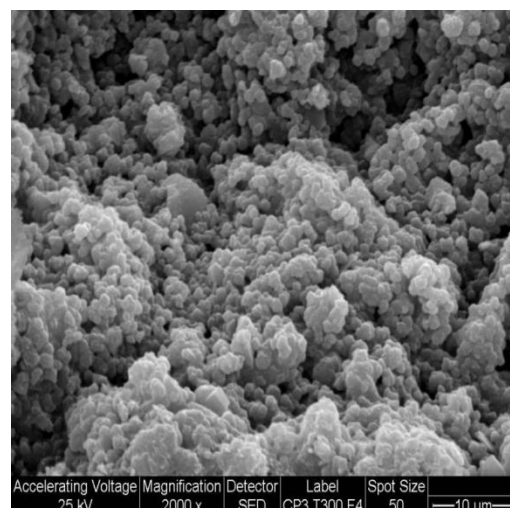
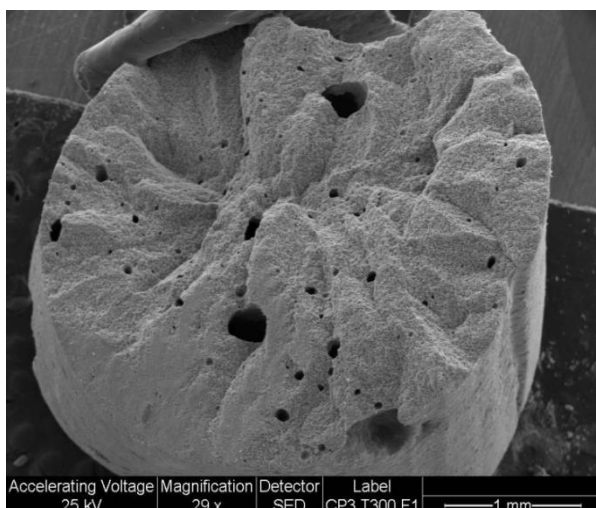
CP3 – Tamb:



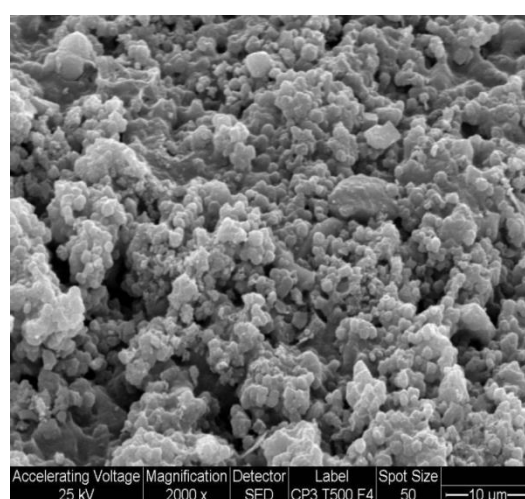
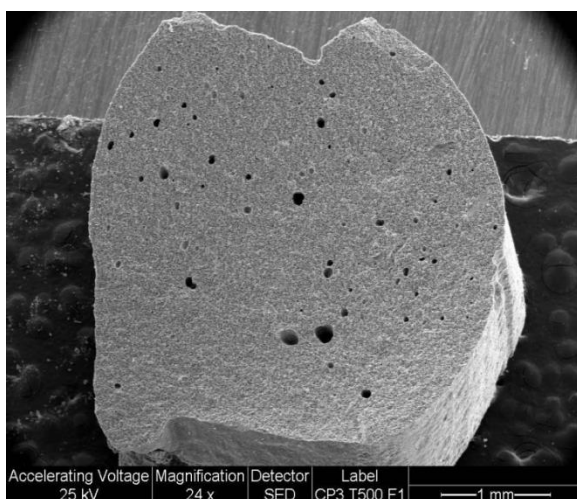
CP3- 100 °C:



CP3- 300 °C:



CP3- 500 °C:



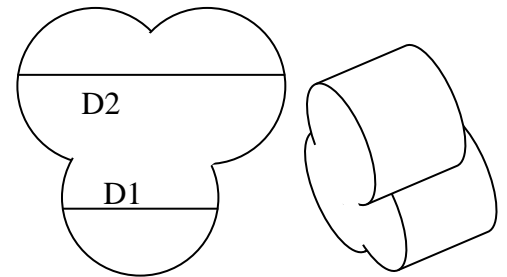
Comentarios de microscopía

Se observó que los cristales de la bentonita quintero poseen una forma irregular con un tamaño entre 2 y 3 μm .

Medidas de los extrudados y composición de la mezcla para su realización

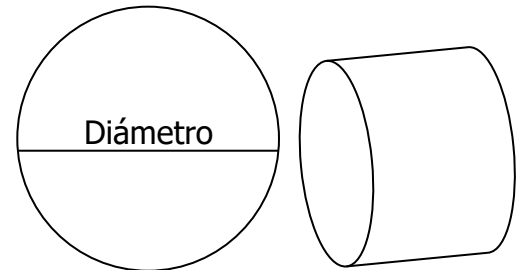
❖ Comerciales B:

- Composición: desconocida
- Medidas: 7.65 mm aprox. de largo
1.67 mm aprox. de diámetro D1
3.18 mm aprox. de diámetro D2



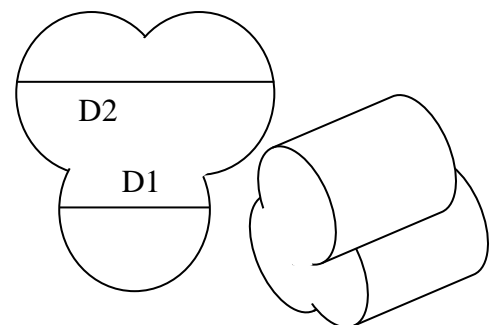
❖ Comerciales LB:

- Composición: desconocida
- Medidas: 5.50 mm aprox. de largo
3.02 mm aprox. de diámetro



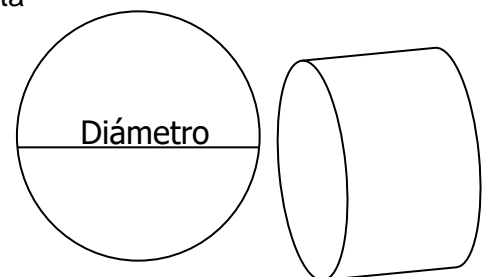
❖ Comerciales NN:

- Composición: desconocida
- Medidas: 7.89 mm aprox. de largo
1.8 mm aprox. de diámetro D1
3.18 mm aprox. de diámetro D2



❖ Ensayo G6 TAMB

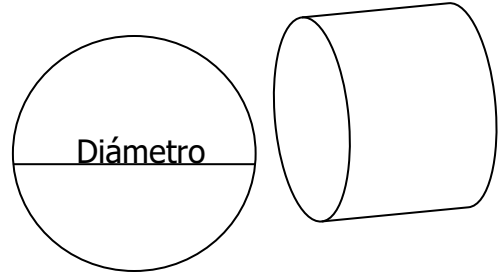
- Composición: 60 % zeolita 40% Bentonita
71.74 gr zeolita
48.25gr bentonita
55.7gr de agua
- Medidas: 9 mm aprox. de largo
3 mm aprox. de diámetro



❖ **Ensayo G6 400°C**

- Composición: 60 % zeolita 40% Bentonita
71.74 gr zeolita
48.25gr bentonita
55.7gr de agua

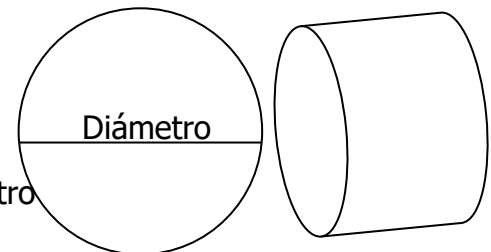
- Medidas: 9 mm aprox. de largo
3 mm aprox. de diámetro



❖ **Ensayo G6 500°C**

- Composición: 60 % zeolita 40% Bentonita
71.74 gr zeolita
48.25gr bentonita
55.7gr de agua

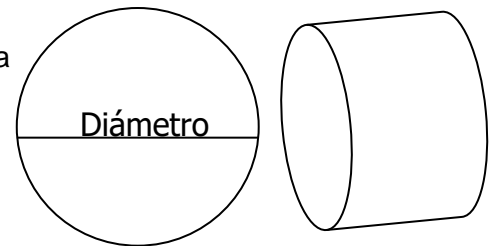
- Medidas: 9 mm aprox. de largo
3 mm aprox. de diámetro



❖ **CP2 T amb**

- Composición: 82% SG1 18% Bentonita
45.1 gr de SG1
9.7 gr Bentonita
24.8gr agua destilada
33.6gr de ludox

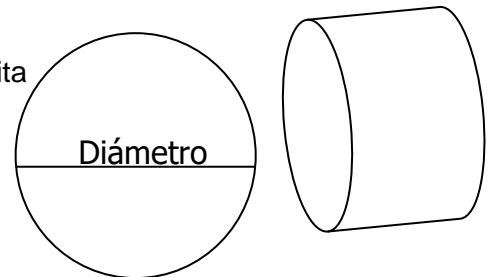
- Medidas: 1.3 cm aprox. de largo
5 mm aprox. de diámetro



❖ **CP2 100°C**

- Composición: 82% SG1 18% Bentonita
45.1 gr de SG1
9.7 gr Bentonita
24.8gr agua destilada
33.6gr de ludox

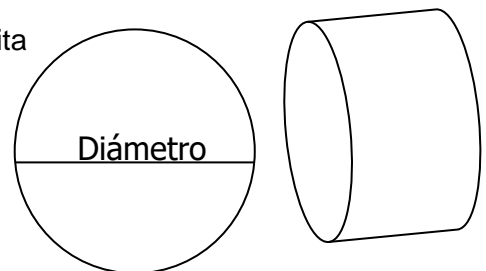
- Medidas: 1.3 cm aprox. de largo
5 mm aprox. de diámetro



❖ **CP 2 200°C**

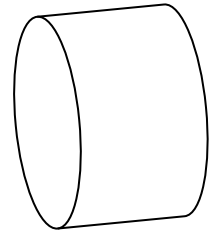
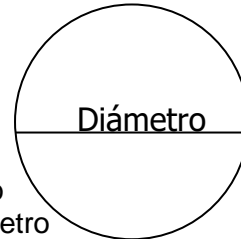
- Composición: 82% SG1 18% Bentonita
45.1 gr de SG1
9.7 gr Bentonita
24.8gr agua destilada
33.6gr de ludox

- Medidas: 1.3 cm aprox. de largo
5 mm aprox. de diámetro



❖ **CP2 300°C**

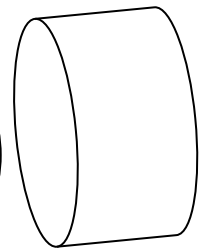
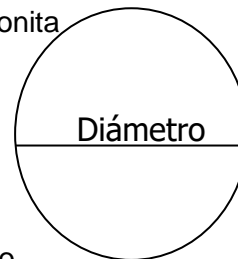
- Composición: 82% SG1 18% Bentonita
45.1 gr de SG1
9.7 gr Bentonita
24.8gr agua destilada
33.6gr de ludox



- Medidas: 1.3 cm aprox. de largo
5 mm aprox. de diámetro

❖ **CP2 400°C**

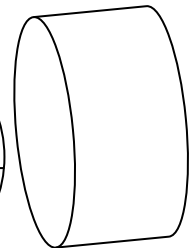
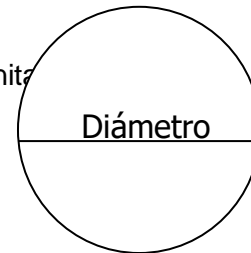
- Composición: 82% SG1 18% Bentonita
45.1 gr de SG1
9.7 gr Bentonita
24.8gr agua destilada
33.6gr de ludox



- Medidas: 1.3 cm aprox. de largo
5 mm aprox. de diámetro

❖ **CP2 500°C**

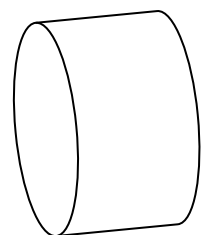
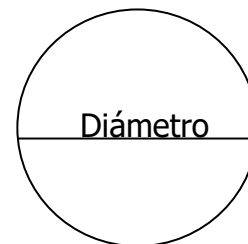
- Composición: 82% SG1 18% Bentonita
45.1 gr de SG1
9.7 gr Bentonita
24.8gr agua destilada
33.6gr de ludox



- Medidas: 1.3 cm aprox de largo
5 mm aprox de diámetro

❖ **CP3 – Cortos Tamb**

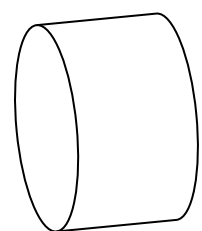
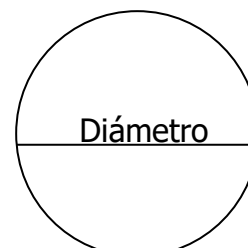
- Composición: 82% zeolita 13Y 18% Bentonita
45.1 gr de zeolita 13Y
9.7 gr Bentonita
24.8gr agua destilada
33.6gr de ludox



- Medidas: 1.3 cm aprox. de largo
5 mm aprox. de diámetro

❖ **CP3 – Largos Tamb**

- Composición: 82% zeolita 13Y 18% Bentonita
45.1 gr de zeolita 13Y
9.7 gr Bentonita
24.8gr agua destilada
33.6gr de ludox

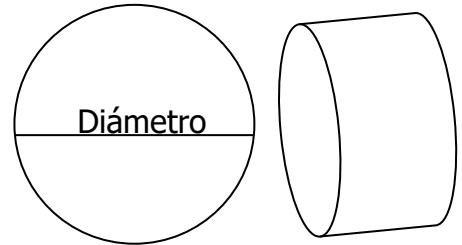


- Medidas: 2 cm aprox. de largo
5 mm aprox. de diámetro

❖ **CP3- Cortos 300°C**

- Composición: 82% zeolita 13Y 18% Bentonita
45.1 gr de zeolita 13Y
9.7 gr Bentonita
24.8gr agua destilada
33.6gr de ludox

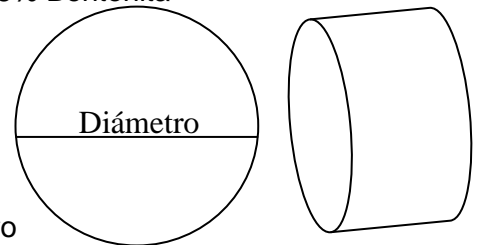
- Medidas: 1.3 cm aprox de largo
5 mm aprox de diámetro



❖ **CP3- Largos 500°C**

- Composición: 82% zeolita 13Y 18% Bentonita
45.1 gr de zeolita 13Y
9.7 gr Bentonita
24.8gr agua destilada
33.6gr de ludox

- Medidas: 2 cm aprox. de largo
3mm aprox. de diámetro



Comparación de Fuerzas (datos del texturometro)

TABLA 1

	Comerciales B (g.)	Comerciales LB (g.)	Comerciales NN (g.)	Ensayo G6 T Amb (g.)	Ensayo G6 400°C (g.)	Ensayo G6 500°C (g.)	CP2 T amb (g.)	CP2 100°C (g.)
Ensayo 1	3870,9	2835,0	1048,1	4832,7	5526,1	5103,1	4312,3	6271,7
Ensayo 2	3752,8	3352,0	5021,7	5399,5	5679,0	7975,8	6706,2	4276,3
Ensayo 3	4190,8	2813,5	3561,4	3760,9	8704,3	3930,8	5766,6	4955,2
Ensayo 4	3911,4	5667,3	2703,7	5542,5	3966,7	6960,8	6329,6	6175,6
Ensayo 5	5276,3	2671,4	3986,8	7374,5	4635,0	7424,7	5073,0	5122,2
Ensayo 6	3877,7	2717,4	3738,2	3369,8	4636,8	-----	8188,4	4727,4
Ensayo 7	3484,6	2720,8	2110,5	5417,8	3921,1	-----	5050,7	4804,8
Ensayo 8	6093,2	-----	2857,9	3927,8	5094,3	-----	6250,1	3196,1
Ensayo 9	2973,2	3164,1	3237,8	4821,6	8527,4	4381,6	6175,5	3121,3
Ensayo 10	3074,0	-----	2457,5	5299,1	6154,4	-----	5216,0	4706,1
Promedio	4050,5	3242,7	3074,4	4138,8	5684,5	5962,8	5906,8	4735,67

	CP 2 200°C (g.)	CP2 300°C (g.)	CP2 400°C (g.)	CP2 500°C (g.)	CP3 - Cortos Tamb (g.)	CP3 - Largos Tamb (g.)	CP3- Cortos 300°C (g.)	CP3- Largos 500°C (g.)
Ensayo 1	6553,5	4652,9	3307,6	3273,4	6318,8	1351,4	3393,7	6608,2
Ensayo 2	4644,5	4662,8	4075,6	4010,8	4800,1	3600,0	8896,7	8776,5
Ensayo 3	4708,4	5630,2	2850,9	3957,0	5790,2	6527,6	8783,4	6191,8
Ensayo 4	3931,2	4685,6	3483,2	4577,6	4973,8	5506,4	9839,6	-----
Ensayo 5	4146,2	2585,8	3037,8	-----	3976,1	1284,8	10694,6	5525,1
Ensayo 6	5223,3	5168,8	3534,3	-----	4800,7	2619,3	10185,3	5146,1
Ensayo 7	4206,8	5796,1	4003,8	3600,8	2581,5	4685,7	9482,2	-----
Ensayo 8	2997,0	4092,2	4003,8	4844,5	5034,3	3233,6	4973,0	4114,9
Ensayo 9	3277,5	4528,7	2863,3	4863,8	5837,7	-----	7066,9	3583,0
Ensayo 10	5191,4	6679,0	2357,0	4817,0	2954,7	4971,8	8518,6	6189,6
Promedio	4487,98	4848,21	3351,73	4243,11	4706,8	3666,8	8133,4	5766,9

Los espacios en blanco (----) corresponden a valores fuera del rango.

Sacando los valores más distanciados de la media:

TABLA 2

	Comercial es B (g.)	Comercial es LB (g.)	Comercial es NN (g.)	Ensayo G6 T Amb (g.)	Ensayo G6 400°C (g.)	Ensayo G6 500°C (g.)	CP2 T amb (g.)	CP2 100°C (g.)
Ensayo 1	3870,9	2835,0	----	4832,7	5526,1	5103,1	----	-----
Ensayo 2	3752,8	3352,0	----	5399,5	5679,0	7975,8	6706,2	4276,3
Ensayo 3	4190,8	2813,5	3561,4	3760,9	-----	3930,8	5766,6	4955,2
Ensayo 4	3911,4	5667,3	2703,7	5542,5	-----	6960,8	6329,6	----
Ensayo 5	5276,3	2671,4	3986,8	----	4635,0	7424,7	5073,0	5122,2
Ensayo 6	3877,7	2717,4	3738,2	----	4636,8	-----	----	4727,4
Ensayo 7	3484,6	2720,8	2110,5	5417,8	3921,1	-----	5050,7	4804,8
Ensayo 8	----	-----	2857,9	3927,8	5094,3	-----	6250,1	----
Ensayo 9	----	3164,1	3237,8	4821,6	-----	4381,6	6175,5	----
Ensayo 10	3074,0	-----	2457,5	5299,1	6154,4	-----	5216,0	4706,1
Promedio	3929,81	3242,7	3081,72	4875,23	5092,38	5962,8	5820,96	4765,33

	CP 2 200°C (g.)	CP2 300°C (g.)	CP2 400°C (g.)	CP2 500°C (g.)	CP3 - Cortos Tamb (g.)	CP3 – Largos Tamb (g.)	CP3- Cortos 300°C (g.)	CP3- Largos 500°C (g.)
Ensayo 1	----	4652,9	3307,6	3273,4	----	----	----	6608,2
Ensayo 2	4644,5	4662,8	-----	4010,8	4800,1	3600,0	8896,7	----
Ensayo 3	4708,4	5630,2	2850,9	3957,0	----	----	8783,4	6191,8
Ensayo 4	3931,2	4685,6	3483,2	4577,6	4973,8	5506,4	9839,6	-----
Ensayo 5	4146,2	----	3037,8	-----	3976,1	----	----	5525,1
Ensayo 6	5223,3	5168,8	3534,3	-----	4800,7	2619,3	----	5146,1
Ensayo 7	4206,8	5796,1	4003,8	3600,8	-----	4685,7	9482,2	-----
Ensayo 8	----	4092,2	4003,8	4844,5	5034,3	3233,6	----	4114,9
Ensayo 9	3277,5	4528,7	2863,3	4863,8	5837,7	-----	7066,9	----
Ensayo 10	5191,4	-----	-----	4817,0	----	4971,8	8518,6	6189,6
Promedio	4416,16	4902,16	3385,58	4243,11	4903,78	4102,8	8764,56	5650,12

Los espacios en blanco (----) corresponden a valores fuera del rango y valores mas distanciados de la media

Comparación de ambas tablas:

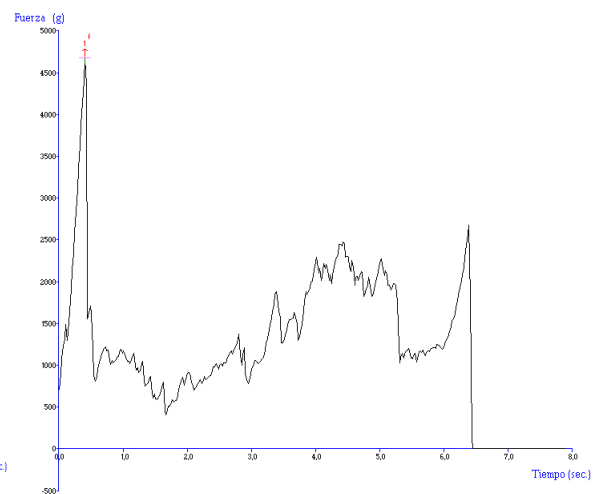
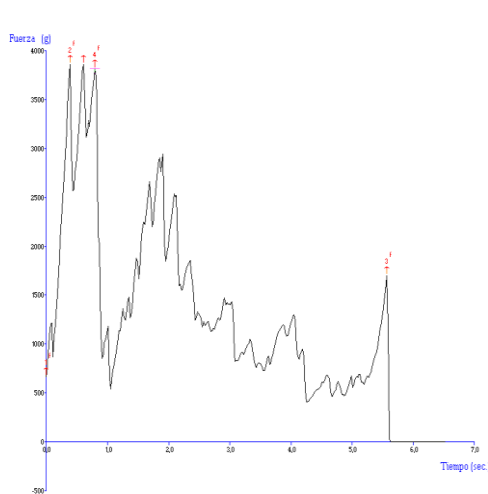
	Comerciales B (g.)	Comerciales LB (g.)	Comerciales NN (g.)	Ensayo G6 T Amb (g.)	Ensayo G6 400 °C (g.)	Ensayo G6 500°C (g.)	CP2 T amb (g.)	CP2 100°C (g.)
Promedio TABLA 1	4050,5	3242,7	3074,4	4138,8	5684,5	5962,8	5906,8	4735,67
Promedio TABLA2	3929,81	3242,7	3081,72	4875,23	5092,38	5962,8	5820,96	4765,33

	CP 2 200°C (g.)	CP2 300°C (g.)	CP2 400°C (g.)	CP2 500°C (g.)	CP3 - Cortos Tamb (g.)	CP3 – Largos Tamb (g.)	CP3- Cortos 300°C (g.)	CP3- Largos 500°C (g.)
Promedio TABLA 1	4487,98	4848,21	3351,73	4243,11	4706,8	3666,8	8133,4	5766,9
Promedio TABLA 2	4416,16	4902,16	3385,58	4243,11	4903,78	4102,8	8764,56	5650,12

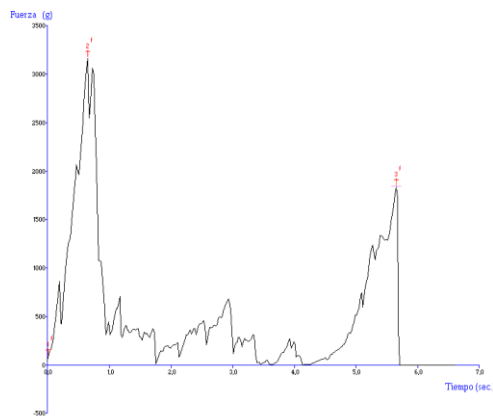
Diagrama correspondiente a dos de los ensayos de dureza realizados:

Comerciales B:

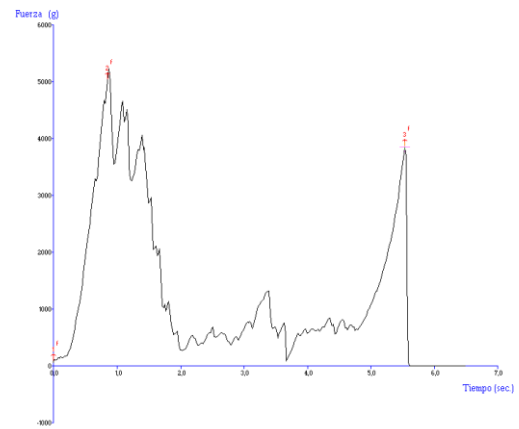
**CP3- Temperatura Ambiente
Cortos**



Comerciales LB



Comerciales NN



Superficies de las muestras

4.4.1. Análisis de superficie de una muestra de zeolita (13YC) calcinada a 500°C durante 2 hs.

ASAP 2020 V3.00 H

Unit 1

Serial #: 181

Page 1

Sample: 13YC550
Operator: Ing. Edgardo Soto
Submitter: Ing. Juan C. Tara
File: C:\2020\DATA\13YC550.SMP

Started: 09/09/2012 20:04:30
Completed: 10/09/2012 1:42:29
Report Time: 10/09/2012 1:42:29
Sample Mass: 0.1122 g
Cold Free Space: 49.1476 cm³
Low Pressure Dose: None

Analysis Adsorptive: N2
Analysis Bath Temp.: -195.800 °C
Thermal Correction: No
Warm Free Space: 16.4509 cm³ Measured
Equilibration Interval: 10 s
Automatic Degas: Yes

Summary Report

Surface Area

Single point surface area at P/Po = 0.200597020: 718.8010 m²/g

BET Surface Area: 725.9673 m²/g

Langmuir Surface Area: 923.7702 m²/g

t-Plot Micropore Area: 685.8396 m²/g

t-Plot External Surface Area: 40.1277 m²/g

BJH Adsorption cumulative surface area of pores
between 17.000 Å and 3000.000 Å width: 29.985 m²/g

BJH Desorption cumulative surface area of pores
between 17.000 Å and 3000.000 Å width: 31.1435 m²/g

4.4.2. Análisis de superficie de una muestra de zeolita (SG1) calcinada a 500°C durante 2 hs.

Sample: SG1500
 Operator: Ing. Edgardo Soto
 Submitter: Ing. Soledad Legnoverde
 File: C:\2020\DATA\SG1500.SMP

Started: 18/06/2010 9:37:39
 Completed: 18/06/2010 14:46:23
 Report Time: 18/06/2010 14:46:23
 Sample Mass: 0.1987 g
 Cold Free Space: 89.0839 cm³
 Low Pressure Dose: None

Analysis Adsorptive: N2
 Analysis Bath Temp.: -195.800 °C
 Thermal Correction: No
 Warm Free Space: 28.5649 cm³ Measured
 Equilibration Interval: 10 s
 Automatic Degas: Yes

Summary Report

Surface Area

Single point surface area at P/Po = 0.200496600: 67.2076 m²/g

BET Surface Area: 67.9544 m²/g

Langmuir Surface Area: 111.5792 m²/g

t-Plot Micropore Area: 56.1829 m²/g

t-Plot External Surface Area: 11.7715 m²/g

BJH Adsorption cumulative surface area of pores
 between 17.000 Å and 3000.000 Å width: 10.187 m²/g

BJH Desorption cumulative surface area of pores
 between 17.000 Å and 3000.000 Å width: 11.9094 m²/g

4.4.3. Análisis de superficie de una muestra CP2 a temperatura ambiente calcinada a 300°C

Sample: CP2AMB
 Operator: Ing. Edgardo Soto
 Submitter: Ing. Juan Tara
 File: C:\2020\DATA\CP2AMB.SMP

Started: 21/06/2012 10:30:41
 Completed: 21/06/2012 19:16:18
 Report Time: 21/06/2012 19:16:33
 Sample Mass: 0.3749 g
 Cold Free Space: 51.1736 cm³
 Low Pressure Dose: None

Analysis Adsorptive: N2
 Analysis Bath Temp.: -195.800 °C
 Thermal Correction: No
 Warm Free Space: 17.1459 cm³ Measured
 Equilibration Interval: 10 s
 Automatic Degas: Yes

Summary Report

Surface Area

Single point surface area at P/Po = 0.200893013: 69.5470 m²/g

BET Surface Area: 70.3655 m²/g

Langmuir Surface Area: 161.8002 m²/g

t-Plot Micropore Area: 52.0644 m²/g

t-Plot External Surface Area: 18.3011 m²/g

BJH Adsorption cumulative surface area of pores
 between 17.000 Å and 3000.000 Å width: 19.014 m²/g

BJH Desorption cumulative surface area of pores
 between 17.000 Å and 3000.000 Å width: 21.8104 m²/g

4.4.5 Análisis de superficie de una muestra CP3 calcinada a 300°C

Sample: CP3300C
 Operator: Ing. Edgardo Soto
 Submitter: Ing. Juan C. Tara
 File: C:\2020\DATA\CP3300C.SMP

Started: 28/08/2012 20:53:19
 Completed: 29/08/2012 7:57:23
 Report Time: 29/08/2012 7:57:24
 Sample Mass: 0.3181 g
 Cold Free Space: 50.7070 cm³
 Low Pressure Dose: None

Analysis Adsorptive: N2
 Analysis Bath Temp.: -195.800 °C
 Thermal Correction: No
 Warm Free Space: 16.7561 cm³ Measured
 Equilibration Interval: 10 s
 Automatic Degas: Yes

Summary Report

Surface Area

Single point surface area at P/Po = 0.201745474: 508.6398 m²/g

BET Surface Area: 514.0395 m²/g

Langmuir Surface Area: 881.1018 m²/g

t-Plot Micropore Area: 441.3984 m²/g

t-Plot External Surface Area: 72.6411 m²/g

BJH Adsorption cumulative surface area of pores
 between 17.000 Å and 3000.000 Å width: 78.534 m²/g

BJH Desorption cumulative surface area of pores
 between 17.000 Å and 3000.000 Å width: 89.1302 m²/g

4.4.6 Análisis de superficie de una muestra CP3 calcinada a 500°C

Sample: CP3500C
 Operator: Ing. Edgardo Soto
 Submitter: Ing. Juan C. Tara
 File: C:\2020\DATA\CP3500C.SMP

Started: 13/09/2012 18:14:30
 Completed: 14/09/2012 6:09:39
 Report Time: 14/09/2012 6:09:40
 Sample Mass: 0.2686 g
 Cold Free Space: 50.6505 cm³
 Low Pressure Dose: None

Analysis Adsorptive: N2
 Analysis Bath Temp.: -195.800 °C
 Thermal Correction: No
 Warm Free Space: 16.7426 cm³ Measured
 Equilibration Interval: 10 s
 Automatic Degas: Yes

Summary Report

Surface Area

Single point surface area at P/Po = 0.201554856: 512.1408 m²/g

BET Surface Area: 517.5766 m²/g

Langmuir Surface Area: 898.8647 m²/g

t-Plot Micropore Area: 444.2430 m²/g

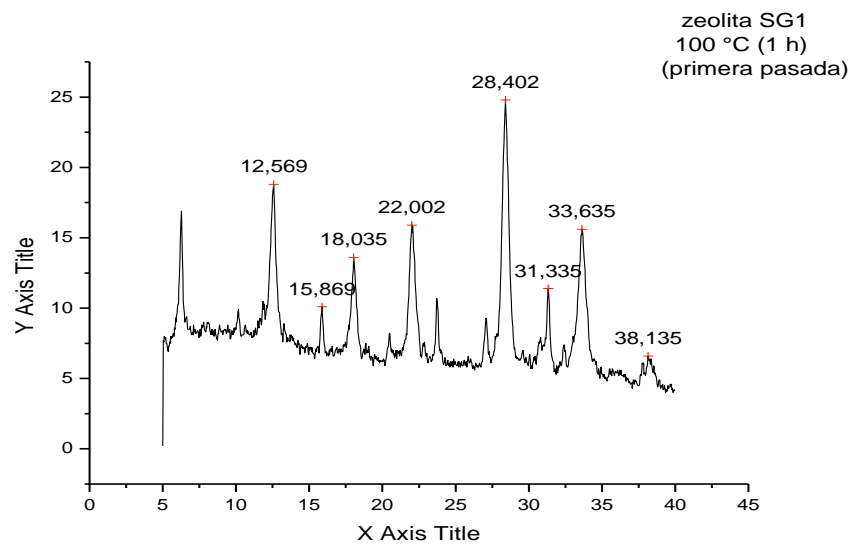
t-Plot External Surface Area: 73.3336 m²/g

BJH Adsorption cumulative surface area of pores
 between 17.000 Å and 3000.000 Å width: 79.860 m²/g

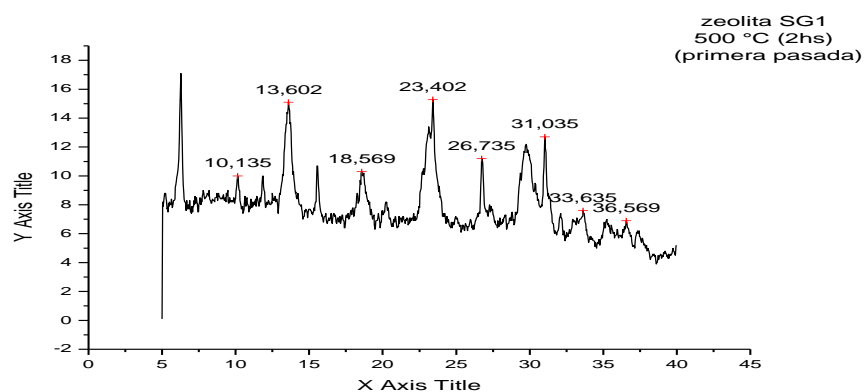
BJH Desorption cumulative surface area of pores
 between 17.000 Å and 3000.000 Å width: 92.8390 m²/g

Composición de los extrudados a través de Difracción de rayos X

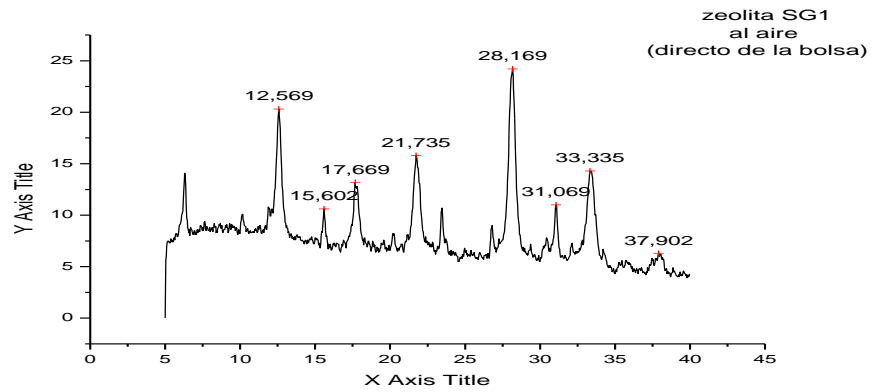
- Zeolita Comercial SG1 100°C



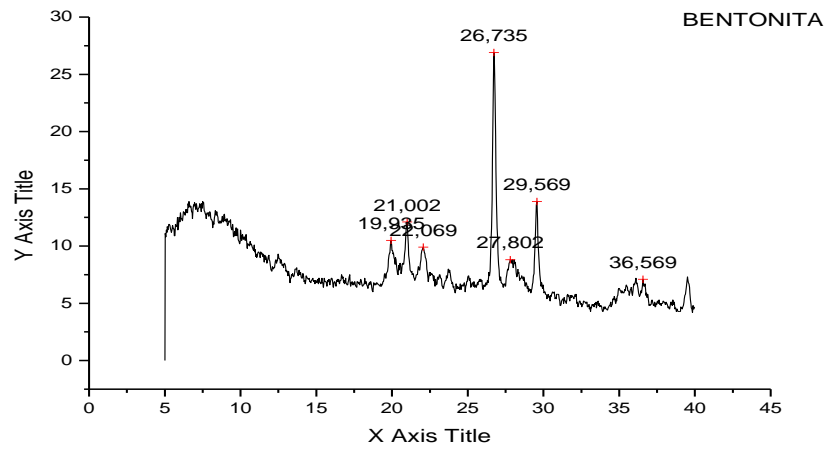
- Zeolita Comercial SG1 500°C



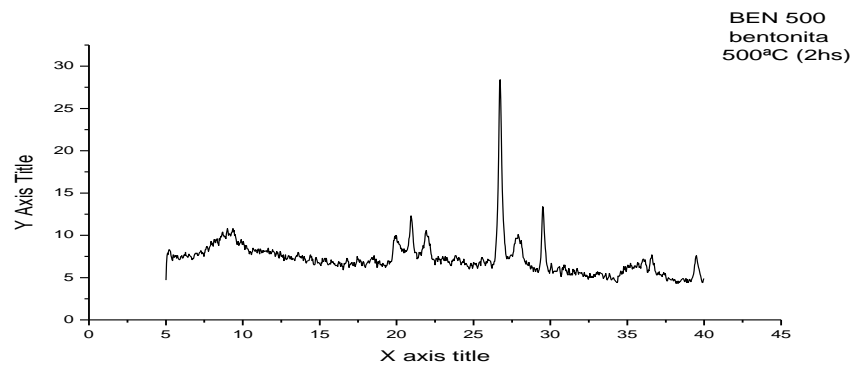
- Zeolita Comercial SG1 Temperatura ambiente



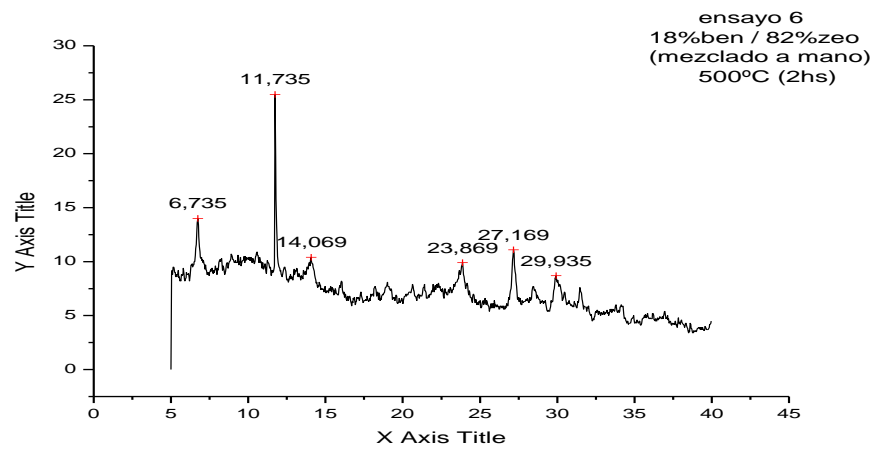
- Bentonita Temperatura ambiente



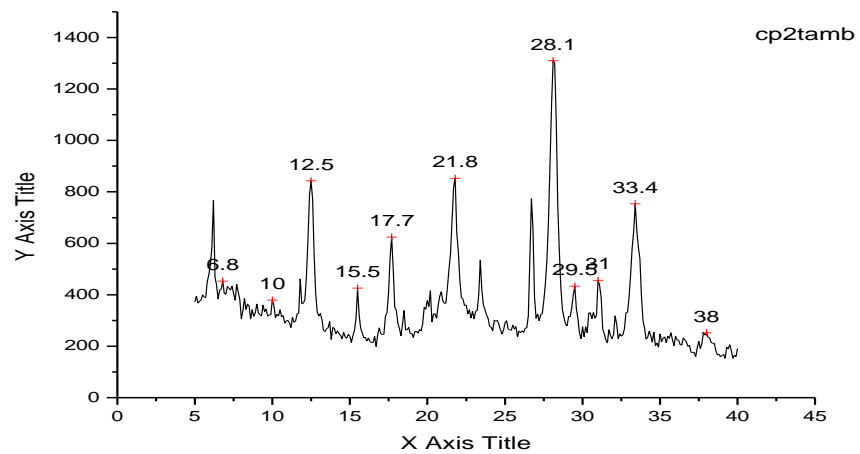
- Bentonita a 500 °C



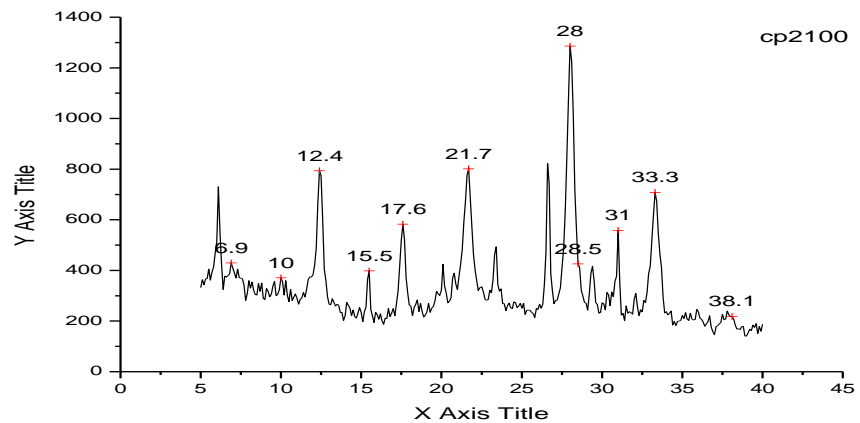
- Ensayo G6



- Ensayo CP2 Temperatura ambiente

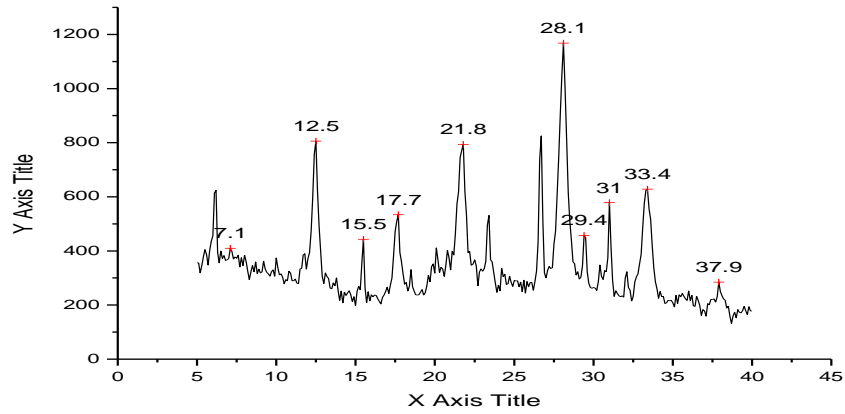


- Ensayo CP2 100 °C



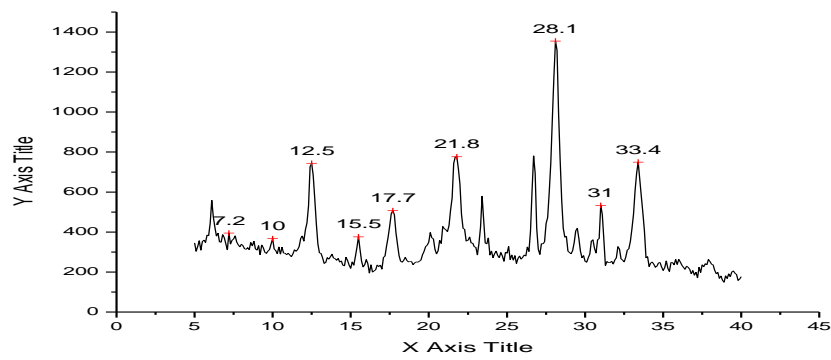
- Ensayo CP2 200 °C

cp2200



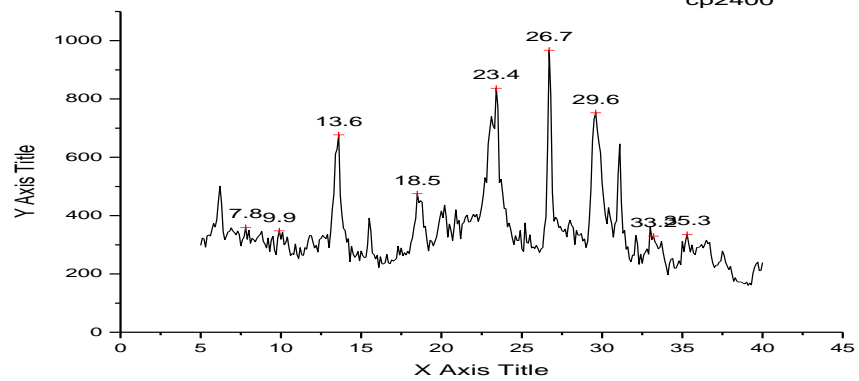
- Ensayo CP2 300 °C

cp2300

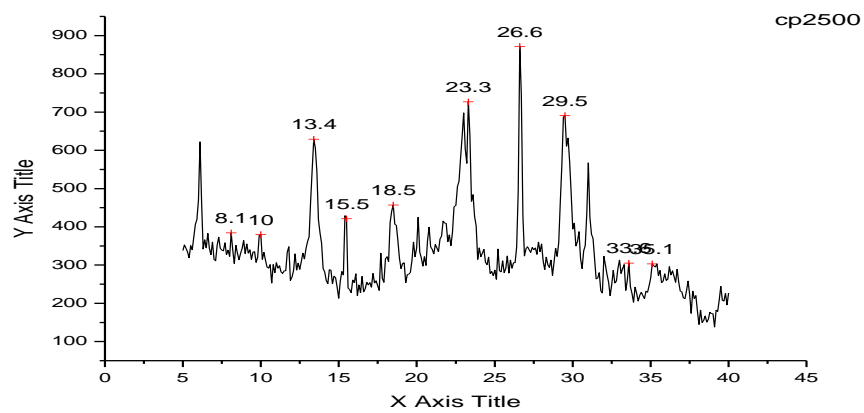


- Ensayo CP2 400 °C

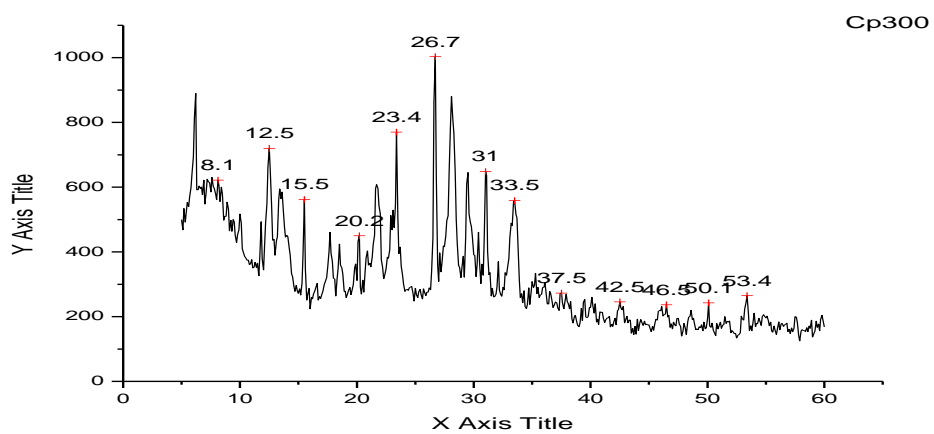
cp2400



- Ensayo CP2 500 °C



- Ensayo CP3 300 °C



Conclusiones:

Se observó que en las muestras comerciales en la vista macroscópica no presentan tantos defectos en comparación con las muestras realizadas en el laboratorio, esto se debe a que los primeros están fabricados con tecnología adecuada para su función y los nuestros en forma manual.

Se usó la zeolita 13Y debido a que la zeolita SG1 posee poca superficie específica.

A través de los distintos tratamientos térmicos se mantuvo la estructura cristalina.

A las conclusiones que llegamos es que de todos los ensayos el cp3 fue el más manipulable al momento de llevarlo a cabo en el laboratorio teniendo una mayor dureza y superficie en comparación con los demás ensayos y los comerciales.

A pesar del agregado de la bentonita se conservó en gran porcentaje la superficie original de la zeolita

Bibliografía

- *La Zeolita Mineral del Siglo XX. Uso y Aplicaciones.* ING. COSME CASALS CORELLA. Ediciones Publicigraf. 1988
- *Wikipedia-contributors. Zeolite.* *Wikipedia contributors.* [Online] June 21, 2013 <http://en.wikipedia.org>
- *Zeolita argentina. Compañía minera argentina.* <http://www.zeolita.com.ar/index.htm>
- *¿Qué es una zeolita?* http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/55/htm/sec_3.html
- *Tectosilicatos tectosilicatos -6 zeolitas* <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-15563/Tecto%206.pdf>. Universidad Complutense de Madrid.
- *Zeolita.* <http://www.traderargentina.com.ar/zeolita.html>. Empresa de productos de uso agrícola e industrial con origen minero. San Juan. Argentina
- *“Caracterización de minerales zeolíticos mexicanos”.* Tesis de Miriam jeniffer jiménez cedillo. Febrero de 2004.
- *“Estudio de zeolitas procedentes de depósitos Argentinos. Aspectos tecnológicos que posibiliten su aplicación en agroindustria y contralor ambiental”.* Tesis de María Florencia Agosto. Año 2012. Universidad Nacional de La Plata
- *Zeolita en argentina* .http://www.diatec.com.ar/que_son_las_zeolitas.html. Empresa de de insumos para la industria y el agro.