

REMEDIACIÓN EN LA ACTIVIDAD PETROLERA - MINERA

TECNOLOGÍA DE
MICROENCAPSULACIÓN CON
ZEOLITAS MODIFICADAS
MICRONEC®

REMEDIACIÓN

OPERACIÓN DE SISTEMAS ACTIVOS, PASIVOS O COMBINACIÓN DE ESTOS, QUE PERMITAN RESTABLECER LAS CONDICIONES NATURALES DEL MEDIO TRATADO, REDUCIENDO LOS VALORES DE CONCENTRACIÓN DE LOS CONTAMINANTES HASTA LÍMITES ACEPTABLES

PARÁMETROS A ANALIZAR PARA EL ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN

OPERACIONES DE PERFORACIÓN

LODOS RESIDUALES

CUTTINGS Y SÓLIDOS FINOS IMPREGNADOS CON LODOS

OPERACIONES DE PRODUCCIÓN

AGUAS SALINAS

DERRAMES PRODUCIDOS EN LAS INSTALACIONES

pH

Conductividad eléctrica

Relación de adsorción de sodio

Capacidad de intercambio catiónico

Porcentaje de sodio intercambiable

Metales pesados

Aceites y grasas

Hidrocarburos petroleros

pH

Cloruros

Hidrocarburos

MÉTODOS DE REMEDIACIÓN DE SUELOS

TIPO	METODO	CONTAMINACIÓN
BIOLÓGICO IN-SITU	BIOVENTILACIÓN	HIDROCARBUROS, SOLVENTES NO CLORADOS, PESTICIDAS, ETC.
	BIOREMEDIACIÓN MEJORADA	IDEM ANT, PAHs, SVOCs (NO HALOGENADOS), BTEX
	FITOREMEDIACIÓN	METALES, PESTICIDAS, SOLVENTES, EXPLOSIVOS, CRUDO, LIXIVIADOS DE RELLENOS
FÍSICO/QUÍMICO IN-SITU	OXIDACIÓN QUÍMICA	ESPECIES QUÍMICAS FACTIBLES DE SER OXIDADAS
	SEPARACIÓN ELECTROCINÉTICA	METALES PESADOS, ANIONES, COMPUESTOS ORGÁNICOS POLARES
	FRACTURACIÓN	RANGO COMPLETO DE CONTAMINANTES
	ENJUAGUE DE SUELOS	INORGÁNICOS, RADIATIVOS, VOCs, SVOCs, COMBUSTIBLES, PESTICIDAS
	EXTRACCIÓN DE VAPORES DE SUELO	VOCs, ALGUNOS COMBUSTIBLES
	ESTABILIZACIÓN-SOLIDIFICACIÓN	COMPUESTOS INORGÁNICOS INCLUYENDO RADIONUCLEIDOS
	VITRIFICACIÓN	COMPUESTOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS EN GENERAL
TÉRMICO IN-SITU	TRATAMIENTO TÉRMICO	SVOCs, VOCs, ALGUNOS PESTICIDAS Y COMBUSTIBLES
BIOLÓGICO (GENÉRICO)	BIOPILAS	VOCs NO HALOGENADOS E HIDROCARBUROS DE PETROLEO
	COMPOSTAJE	RESIDUOS ORGÁNICOS BIODEGRADABLES, PAHs, HIDROCARBUROS DE PETROLEO
	LANDFARMING	HIDROCARBUROS DE PETROLEO
	TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE FANGOS	HIDROCARBUROS DE PETROLEO, PETROQUÍMICOS, SOLVENTES, PESTICIDAS, ETC

MÉTODOS DE REMEDIACIÓN DE SUELOS

TIPO	METODO	CONTAMINACIÓN
FÍSICO/QUÍMICO EX SITU	EXTRACCIÓN QUÍMICA	PCBs, VOCs, SOLVENTES HALOGENADOS, RESIDUOS DE PETROLEO
	OXIDACIÓN/REDUCCIÓN QUÍMICA	COMPUESTOS INORGÁNICOS
	DESHALOGENACIÓN	SVOCs HALOGENADOS Y PESTICIDAS
	SEPARACIÓN	SVOCs, COMBUSTIBLES E INORGÁNICOS INCLUYENDO RADIONUCLEIDOS
	LAVADO DE SUELOS	SVOCs, COMBUSTIBLES Y METALES PESADOS
	ESTABILIZACIÓN-SOLIDIFICACIÓN	COMPUESTOS INORGÁNICOS INCLUYENDO RADIONUCLEIDOS
TÉRMICO EX SITU	DESCONTAMINACIÓN POR GASES CALIENTES	EXPLOSIVOS
	INCINERACIÓN	EXPLOSIVOS, HIDRODARBUROS CLORADOS, DIFENILOS POLICLORADOS, DIOXINAS
	QUEMA/DETONACIÓN ABIERTA	MUNICIONES Y COMPONENTES ENERGÉTICOS
	PIRÓLISIS	SVOCs, PESTICIDAS
	DESORCIÓN TÉRMICA	COMBUSTIBLES Y VOCs NO HALOGENADOS
CONFINAMIENTO IN-SITU	RECUBRIMIENTO DE RELLENOS	VARIADOS
	RECUBRIMIENTO MEJORADO	VARIADOS
CONFINAMIENTO EX SITU	RELLENO DE SEGURIDAD	VARIADOS
OTRAS	EXCAVACIÓN Y RETIRO	VARIADOS

TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL TRATAMIENTO DE SÓLIDOS EMPETROLADOS

CLASIFICACIÓN 1

AQUELLAS QUE DESTRUYEN O TRATAN EL CONTAMINANTE

LAS QUE CONTIENEN EL MOVIMIENTO O LA LIXIVIACIÓN DE LOS CONTAMINANTES (ej: MICRONEC®)

CLASIFICACIÓN 2

TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO IN-SITU (ej: MICRONEC®)

TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO EX-SITU (ej: MICRONEC®)

CLASIFICACIÓN 3 (TIPO PROCESO)

BIOLÓGICO

FÍSICO

QUÍMICO

TÉRMICO

CONFINAMIENTO O ESTABILIZACIÓN (ej: MICRONEC®)

TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL TRATAMIENTO DE SÓLIDOS EMPETROLADOS, POR TIPO DE PROCESO

CATEGORÍA GENERAL	TIPO DE PROCESO	TECNOLOGÍA IN-SITU	TECNOLOGÍA EX-SITU
TRATAMIENTO (DESTRUYE O MODIFICA EL CONTAMINANTE)	BIOLÓGICO	BIODEGRADACIÓN PASIVA BIOVENTILACIÓN BIODEGRADACIÓN IN-SITU	BIOPILAS LANDFARMING BIODEGRADACIÓN EN SUSPENSIÓN
	FÍSICO	VENTILACIÓN: CONVENCIONAL, VAPOR, AIRE CALIENTE LAVADO DE SUELO	LAVADO DE SUELO FLUSHING AGLOMERACIÓN CON ALQUITRÁN DE CARBÓN
	QUÍMICO	OXIDACIÓN-REDUCCIÓN	OXIDACIÓN-REDUCCIÓN EXTRACCIÓN CON SOLVENTE
	TÉRMICO	CALENTAMIENTO CON RADIOFRECUENCIA VITRIFICACIÓN	DESORCIÓN TÉRMICA POR: SEPARADORES DE BAJA Y ALTA TEMPERATURA ASFALTO HOT-MIX VITRIFICACIÓN
CONFINAMIENTO	OTROS	ESTABILIZACIÓN/SOLIDIFICACIÓN CUBIERTA	ESTABILIZACIÓN/SOLIDIFICACIÓN MICROENCAPSULACIÓN POR ASFALTO HOT-MIX MICROENCAPSULACIÓN CON ZEOLITAS (ej: MICRONEC®) CUBIERTA O REUSO LANDFILLING

ESTABILIZACIÓN/SOLIDIFICACIÓN

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO:

LOS CONTAMINANTES SON FÍSICAMENTE ENCERRADOS O CONFINADOS DENTRO DE UNA MATRIZ (SOLIDIFICACIÓN)

REACCIONES QUÍMICAS SON INDUCIDAS ENTRE UN AGENTE ESTABILIZANTE Y LOS CONTAMINANTES PARA REDUCIR SU MOVILIDAD (ESTABILIZACIÓN)

ESTABILIZACIÓN/SOLIDIFICACIÓN

TRATAMIENTO DE SÓLIDOS CONTAMINADOS CON MATERIALES ORGÁNICOS PELIGROSOS O CON METALES PESADOS

TRATAMIENTO DE SUELOS Y SÓLIDOS CONTAMINADOS CON PETRÓLEO

ESTABILIZACIÓN

+

SOLIDIFICACIÓN

SE INDUCEN REACCIONES QUÍMICAS EN EL SUELO QUE AFECTAN LA SUSCEPTIBILIDAD DE LOS CONTAMINANTES A LIXIVIAR, REDUCIENDO SUS SOLUBILIDADES, MOVILIDADES O TOXICIDADES

LOS CONTAMINANTES SON LIGADOS FÍSICAMENTE O CONFINADOS DENTRO DE MASAS ESTABILIZANTES DE ALTA INTEGRIDAD ESTRUCTURAL

AGENTES QUÍMICOS TRADICIONALES: CEMENTOS, CAL + POZZOLÁNICOS (FLY ASH, SILICATOS, ETC), TERMOPLÁSTICOS (ASFALTOS, BITÚMENES, RESINAS, ETC), POLÍMEROS ORGÁNICOS TERMOFRAGUABLES (RESINAS UREICAS, RESINAS FENOLICAS, ETC)

PROCESOS DE ESTABILIZACIÓN/SOLIDIFICACIÓN

SORBENTES

ABSORBENTES - ADSORBENTES

Carbón activado

Silicato de sodio anhidro

Yeso en variadas formas

Tierras de diatomeas

Mica expandida

Arcillas

ZEOLITAS

MACROENCAPSULACIÓN

Confinamiento dentro de camisa inerte o masa de residuo cementada

AGENTES DE ENCAPSULAMIENTO

MICROENCAPSULACIÓN

Confinamiento a nivel molecular

Métodos con cemento portland

Técnicas fly-ash/cal

Métodos con termoplásticos

Técnicas con resinas poliméricas orgánicas

Técnicas con ZEOLITAS MODIFICADAS (ej: MICRONEC®)

ESTABILIZ./SOLIDIF. DE ORGÁNICOS DE ORIGEN PETROLERO CON AGENTES QUÍMICOS TRADICIONALES

UNA ESTABILIZACIÓN/SOLIDIFICACIÓN CON MATERIALES POZZOLÁNICOS, CEMENTOS, CAL Y FLY ASH, REALIZADA SOBRE ORGÁNICOS DE ORIGEN PETROLERO, RENDIRÁ UNA MASA CEMENTICEA FRÁGIL. DE ESTA FRAGILIDAD SE PUEDE INFERIR QUE LOS ORGÁNICOS CONTENIDOS TENDRÁN UNA CLARA VIA DE ESCAPE HACIA EL MEDIO AMBIENTE, CUANDO LA MASA SE VEA SOLICITADA A LAS FUERZAS DE METEORIZACIÓN.

ES EVIDENTE QUE UN BINDER INORGÁNICO MINERAL, COMO LOS YA NOMBRADOS, NECESITARÁ ALGO MÁS PARA SER CONSIDERADO COMO UN MICROENCAPSULANTE EFECTIVO Y SEGURO PARA TRATAR RESIDUALES ORGÁNICOS.

PARA REALIZAR UNA SEGURA Y COMPLETA MICROENCAPSULACIÓN SE DEBERÁ PREVIAMENTE ABSORBER EL PRODUCTO OLEOSO, UTILIZANDO MATERIALES OLEOFÍLICOS (ZEOLITAS ORGANOFÍLICAS + AGENTES LIGANTES ADECUADOS)
(ej: **MICRONEC®**)

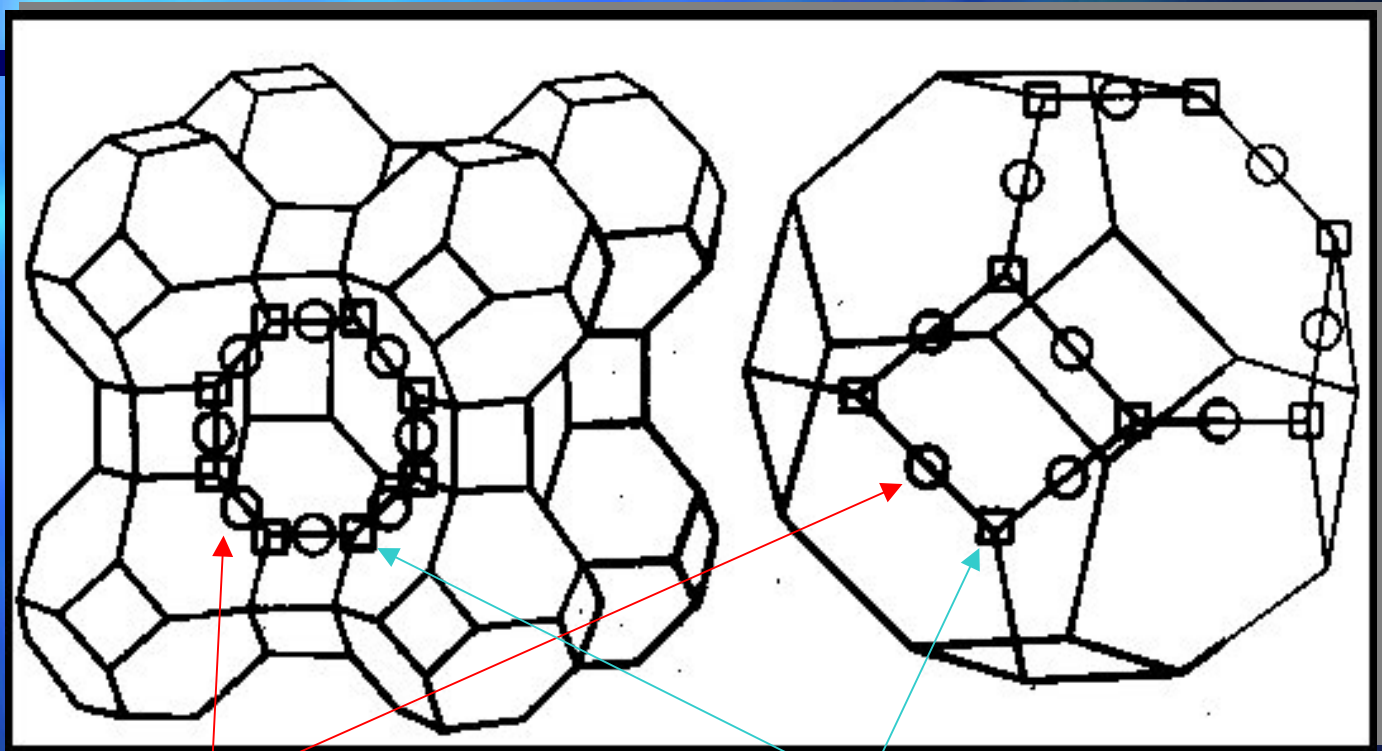
COMPARACIÓN DE PROCESOS DE SOLIDIFICACIÓN UTILIZANDO AGENTES MICROENCAPSULANTES TRADICIONALES

TÉCNICA	MATERIAL USADO	VENTAJA	DESVENTAJA
CEMENTO PORTLAND	CEMENTO TIPO I	TRABAJA BIEN PARA TÓXICOS INORGÁNICOS	NO DESEABLE PARA ANIONES Y RESIDUOS ORGÁNICOS
FLY ASH/CAL	SILICE, ALÚMINA, ÓXIDOS DE HIERRO, CAL APAGADA	BIEN PARA TÓXICOS INORGÁNICOS Y MÁS BARATO QUE EL CEMENTO PORTLAND	NO DESEABLE PARA RESIDUOS ORGÁNICOS BAJOS TIEMPOS DE FRAGÜE DARÁN BAJAS RESISTENCIAS
TERMOPLÁSTICOS	ALQUITRANES, ASFALTOS, POLIOLEFINAS Y EPOXIS	BIEN PARA ORGÁNICOS	BIODEGRADABILIDAD CARO COMPARADO CON OTROS MÉTODOS
POLÍMEROS DE RESINAS ORGÁNICAS	UREA-FORMALDEHÍDO POLIACRILATOS POLIACRILAMIDAS	MASA ESPONJOSA	BIODEGRADABILIDAD LA MASA ESPONJOSA PODRÍA PERMITIR QUE ALGO DE LOS LÍQUIDOS ESCAPE

COMPATIBILIDAD DE LOS RESIDUOS CON DIFERENTES TÉCNICAS DE SOLIDIFICACIÓN/ESTABILIZACIÓN

COMPONENTE RESIDUAL	TIPO DE TRATAMIENTO			
	CEMENTO	POZZOLÁNICO	MICROENCAPSULADO CON TERMOPLÁSTICOS	MICROENCAPSULADO CON ZEOLITAS (ej: MICRONEC®)
SOLVENTES Y ACEITES	FRAGUADO MALO POSIBLE ESCAPE COMO VAPOR	IDEM CEMENTO	ORGÁNICOS PODRÍAN VAPORIZARSE	COMPATIBLE
RESIDUOS ÁCIDOS	NEUTRALIZANTE	IDEM CEMENTO	NEUTRALIZADOS ANTES DE INCORPORARSE	COMPATIBLE
OXIDANTES	COMPATIBLE	COMPATIBLE	PUEDE CAUSAR DESCOMPO- SICIÓN DE LA MATRIZ FUEGO	COMPATIBLE
SULFATOS	RETARDO EN EL FRAGÜE	COMPATIBLE	PROBLEMAS DE DESHIDRATACIÓN E HIDRATACIÓN	COMPATIBLE
HALÓGENOS	LIXIVIACIÓN TOTAL RETARDO EN EL FRAGÜE	IDEM CEMENTO	DESHIDRATACIÓN Y REHIDRATACIÓN	COMPATIBLE
METALES PESADOS	COMPATIBLE	COMPATIBLE	COMPATIBLE	COMPATIBLE
MATERIALES RADIOACTIVOS	COMPATIBLE	COMPATIBLE	COMPATIBLE	COMPATIBLE

MICROENCAPSULACIÓN ZEOLÍTICA

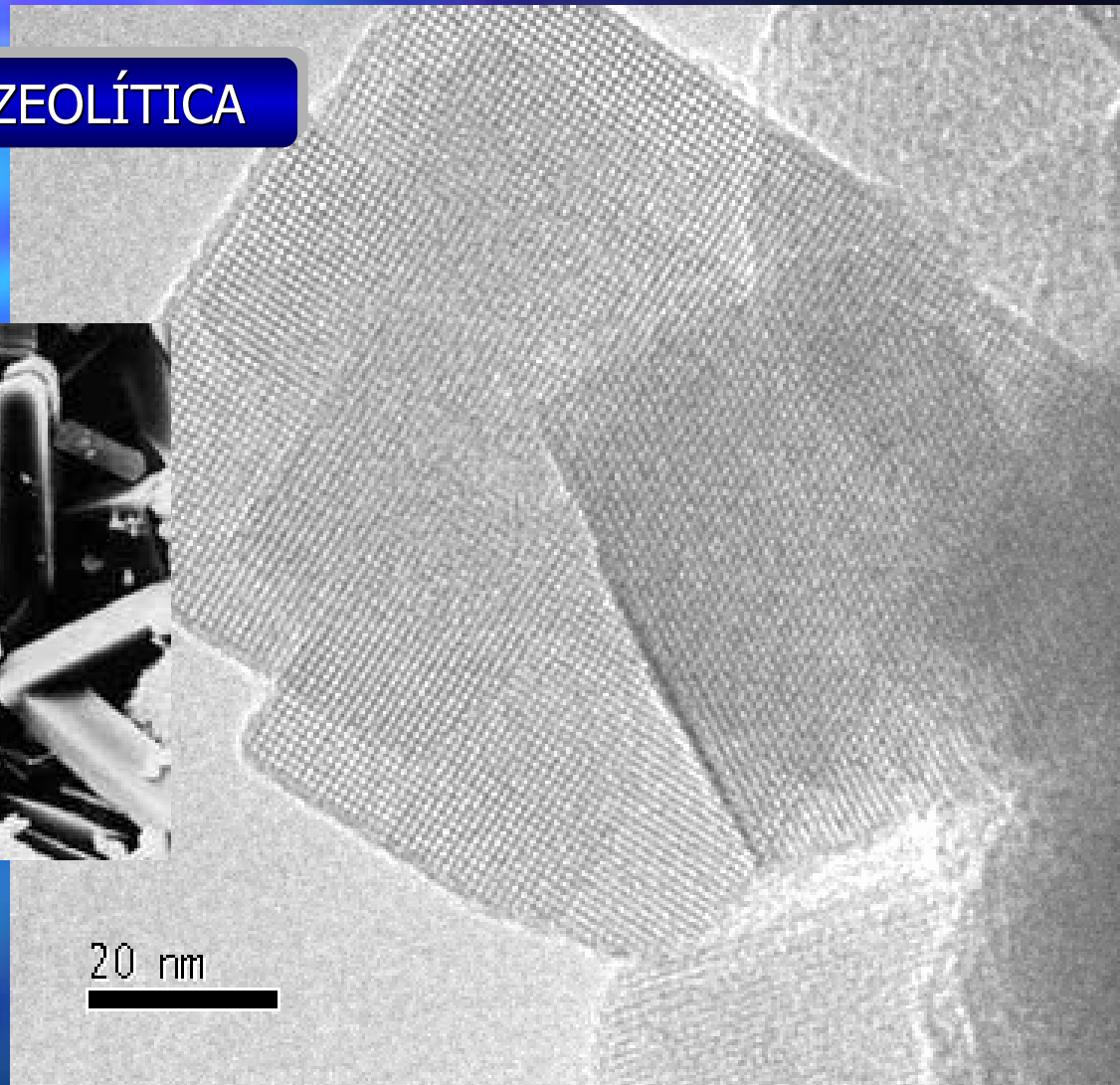
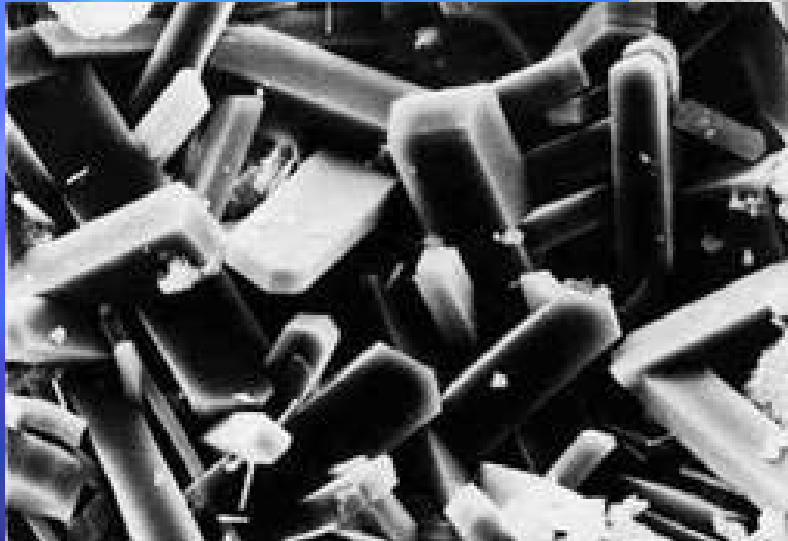


OXIGENO

SILICIO, ALUMINIO

Armadura no fibrosa de aluminosilicato basada en una red tridimensional tetrahédrica infinitamente extendida de AlO_4 y SiO_4 unidos mediante la totalidad de los átomos de oxígeno. Esto crea una estructura molecular con numerosas aperturas y surcos

MICROENCAPSULACIÓN ZEOLÍTICA



MICROENCAPSULACIÓN ZEOLÍTICA

ZEOLITAS NATURALES

Minerales de ocurrencia natural.

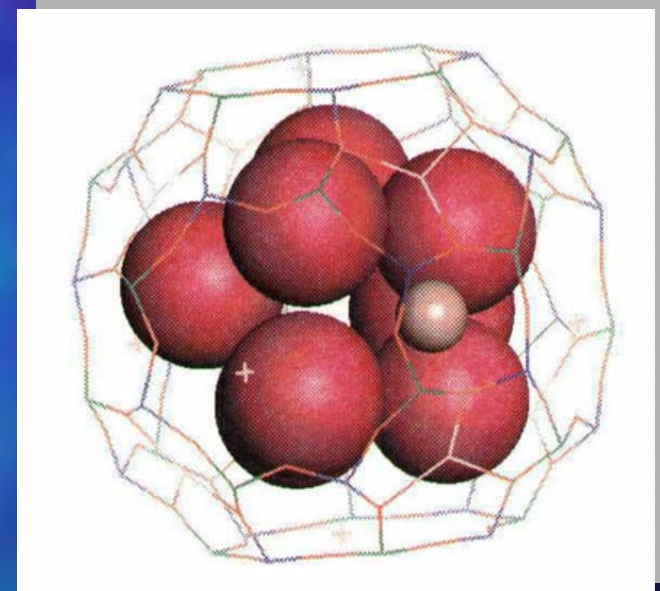
Sólidos tridimensionales, cristalinos y porosos.

Estructura tetraédrica 3-D de óxidos de silicio y aluminio que tienen una alta carga negativa producto del reemplazo de iones silicio por iones aluminio y una estructura superficial interna grande (50 a 150 mm²/g), con tamaños de poros que permiten que algunas moléculas entren en la estructura y queden atrapadas mientras que otras son excluidas.

Contienen espacios vacíos donde pueden alojarse cationes (NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , etc.), agua y otras moléculas, por ejemplo, suspendidas en el aire (NH_3 , SH_2 , etc.).

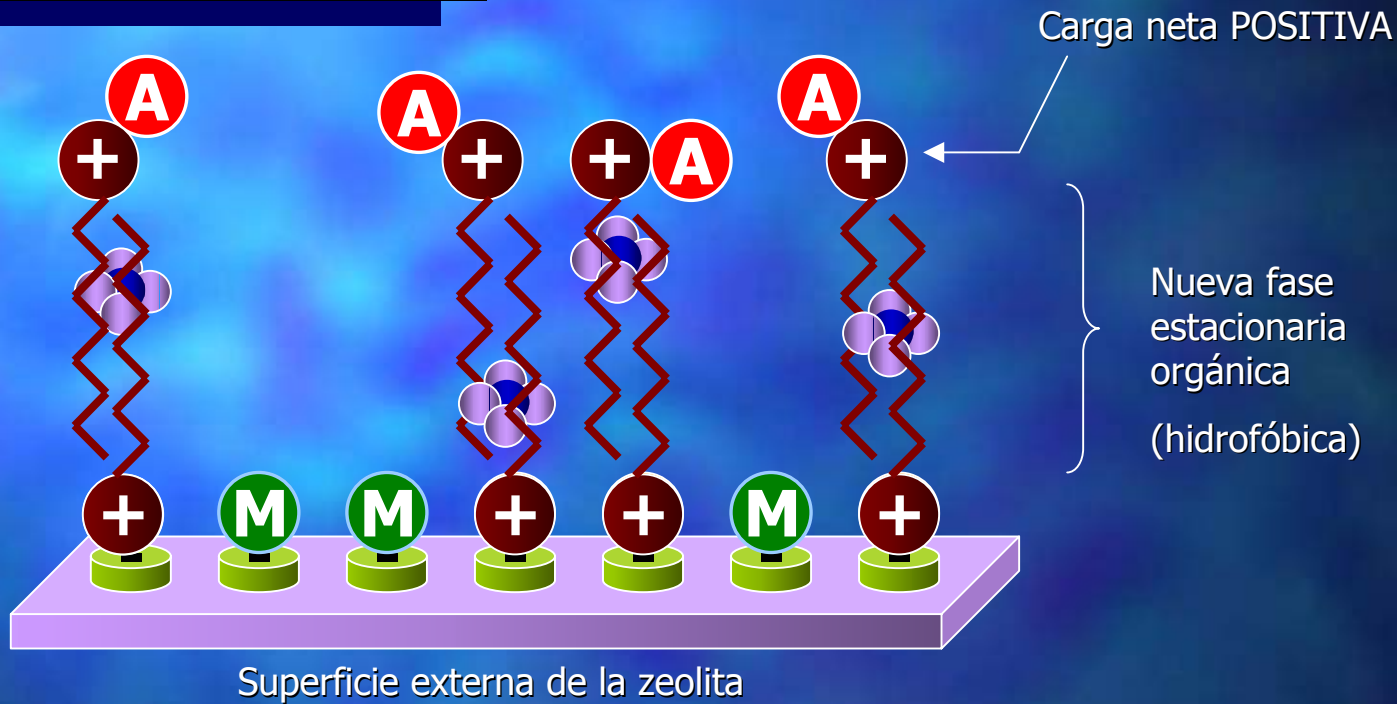
Capacidad de intercambio catiónico del orden de 100 mEq/100 g debido a su carga negativa superficial.

LA COMBINACIÓN DE CARACTERÍSTICA IÓNICA Y ABSORCIÓN FÍSICA PRODUCE UN MATERIAL ÚNICO QUE PUEDE ABSORBER UN AMPLIO RANGO DE LÍQUIDOS PELIGROSOS, OLORES Y VAPORES.



MICROENCAPSULACIÓN ZEOLÍTICA

ZEOLITAS MODIFICADAS



B Cationes base

 Hidrocarburo

A Aniones y oxianiones (Cl^- , CrO_4^{2-} , CO_3^{2-} , etc)

 Agente Cuaternizante

M Cationes (Ca^{2+} , Hg^{2+} , Cr^{6+} , NH_4^+ , etc)

MICROENCAPSULACIÓN ZEOLÍTICA



Aniones y oxianiones



Cationes

ZEOLITA MODIFICADA



Hidrocarburos

LAS ZEOLITAS MODIFICADAS TIENEN LA HABILIDAD
DE SORBER ESTAS TRES CLASES DE CONTAMINANTES
SIMULTÁNEAMENTE

MICROENCAPSULACIÓN ZEOLÍTICA

REMOCIÓN DE BTEX

Industria del Petroleo y del Gas



Contaminación de aguas por pérdidas de tanques subterráneos de almacenamiento y operaciones de explotación y producción

Tratamiento de aguas salinas de producción contaminadas con BTEX



ARCILLAS MODIFICADAS (smectitas) + GAC

VS.

ZEOLITAS MODIFICADAS

(ej: MICRONEC®)

MICROENCAPSULACIÓN ZEOLÍTICA

REMOCIÓN DE BTEX

ARCILLAS MODIFICADAS (smectitas)	Limitada CEC Baja permeabilidad hidráulica (alto grado de hinchamiento)
ZEOLITAS MODIFICADAS (ej: MICRONEC®)	50% más CEC que las arcillas bentoníticas Muy alta permeabilidad (no se hinchan) Remueven un mínimo de 70%-85% de BTEX en aguas de producción

MICROENCAPSULACIÓN ZEOLÍTICA

TRATAMIENTO DE LODOS DE PERFORACIÓN CON MICRONEC®



MICROENCAPSULACIÓN ZEOLÍTICA

TRATAMIENTO DE LODOS DE PERFORACIÓN CON MICRONEC®



MICROENCAPSULACIÓN ZEOLÍTICA

TRATAMIENTO DE RECORTES DE PERFORACIÓN CON MICRONEC®

Caso 1- San Alberto X-10

Cliente	PETROBRAS Bolivia
Operador	Dowel Schlumberger
Profundidad	5.500 m
Tn de cuttings tratados	4.880
Tn procesadas por día	23,5
Relación MICRONEC/residuo	25/100
DRO residuo	233.000 mg/kg
DRO residuo tratado	5,1 mg/litro
DRO = orgánicos en el rango del diesel	

Caso 2 – La Porcelana 1002

Cliente	UTE - AGUARAGUÉ
Operador	Tecpetrol S.A.
Profundidad	3.613 m
Tn de cuttings tratados	548
Tn procesadas por día	9,4
Relación MICRONEC/residuo	25/100
DRO residuo	156.000 mg/kg
DRO residuo tratado	3,3 mg/litro
DRO = Diesel Range Organics	

MICROENCAPSULACIÓN ZEOLÍTICA

TRATAMIENTO DE RECORTES DE PERFORACIÓN CON MICRONEC®



ETAPAS LÓGICAS PARA LA SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA MÁS ADECUADA

FASE 1

APLICABILIDAD DE LA
TECNOLOGÍA A LAS
CONDICIONES DEL SITIO

CONDICIONES EXISTENTES

CONTAMINANTE PETROLERO

Cantidad derramada

Fases y medio

Dirección de migración

FASE 2

FACTIBILIDAD
REGULATORIA

RECEPTIVIDAD ESTATAL

RECEPTIVIDAD COMUNITARIA

ANTECEDENTES REGULATORIOS

ESTÁNDARES DE LIMPIEZA ESTABLECIDOS

ETAPAS LÓGICAS PARA LA SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA MÁS ADECUADA

FASE 3

EFFECTIVIDAD DE LA
TECNOLOGÍA

COMPATIBILIDAD CON EL SITIO

COMPATIBILIDAD CON EL CONTAMINANTE

ADAPTABILIDAD GENERAL

NIVELES DE LIMPIEZA LOGRADOS

ESTUDIOS DE TRATABILIDAD

COSTO DE LA
TECNOLOGÍA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

OPERACIÓN

MANTENIMIENTO

TRANSPORTE

ETAPAS LÓGICAS PARA LA SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA MÁS ADECUADA

FASE 3

TIEMPO Y OTRAS
CONSIDERACIONES

TIEMPO PARA ALCANZAR OBJETIVOS DE LIMPIEZA

ACEPTACIÓN POR LOS ENTES REGULADORES Y LA
COMUNIDAD

REQUERIMIENTOS SOBRE PERMISOS ESPECIALES

SUBPRODUCTOS GENERADOS Y SU TRATAMIENTO

DISPONIBILIDAD COMERCIAL DE LA TECNOLOGÍA

SELECCIÓN DE LA
TECNOLOGÍA MÁS ADECUADA