

REPUBLICA DEL PARAGUAY
Subsecretaría de Minas y Energía (SEOPC)
Dirección de Recursos Minerales
Asunción

REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA
Instituto Federal de
Geociencias y Recursos Naturales
(BGR)
Hannover

2/8

COOPERACION TECNICA
No. PROYECTO 88.2202.5

ANALISIS DE MATERIAL PUZOLANICO
EN EL PARAGUAY ORIENTAL

ASUNCION, JULIO 1993

COOPERACION GEOLOGICA PARAGUAYO - ALEMANA



**ANALISIS DE MATERIAL PUZOLANICO
EN EL PARAGUAY ORIENTAL**

ASUNCION, JULIO 1993

CONTENIDO

- PARTE I GEOLOGIA, COMPOSICION QUIMICA Y MINERALOGIA DE OCURRENCIAS PUZOLANICAS EN LAS ZONAS DE YBYTYMI Y SALITRE-CUE (PARAGUAY ORIENTAL) POR F. WIENS
- PARTE II ANALISIS TECNOLÓGICO PUZOLANICO DE 1 MUESTRA DE LA ZONA DE SALITRE CUE, PARAGUAY ORIENTAL (TRADUCCION DE UN CERTIFICADO TECNICO, VER ANEXO 1)
- ANEXO 1: TEXTO ORIGINAL DEL "PRUFUNGSZEUGNIS NR. M 3011" (BESTIMMUNG DER FESTIGKEIT UND PUZZOLANITAT AN GESTEINSPROBEN UND PORTLANDKLINER-MISCHUNGEN)

PARTE I

GEOLOGIA, COMPOSICION QUIMICA Y MINERALOGIA DE
OCURRENCIAS PUZOLANICAS EN LAS ZONAS DE YBYTYMÍ Y
SALITRE-CUE (PARAGUAY ORIENTAL)

POR

DR. FERNANDO WIENS

EN MARZO DE 1992 EL PROYECTO DE COOPERACION GEOLÓGICA PARAGUAYO ALEMANA FUE ASESORADO POR EL DR WALTER LORENZ (BUNDESANSTALT FUR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE, HANNOVER, ALEMANIA) EN RELACION A MINERALES INDUSTRIALES Y NO-METALICOS.

ENTRE OTRAS TAREAS FUERON VISITADAS DURANTE SU ESTADÍA DOS AREAS CON OCURRENCIAS DE MATERIALES PUZOLÁNICOS.

- 1) PROPIEDAD DEL SR. PLINIO VERA (JURISDICCION DE YBYTYMI) SOBRE EL ARROYO TEBICUARY-MI (N 40,3, E 22,4, HOJA 1.50 000 - 5569 III LA COLMENA); MAPA 1

SE TRATA DE LA UNICA EXPLOTACION DE PUZOLANAS EXISTENTE EN EL PAIS. SON DEPOSITOS ALUVIALES DEIRITICOS EN PLANICIES HUMEDALES; SON HOMOGENEOS, MICROCRISTALINOS, LEVEMENTE SILICIFICADOS Y DE COLOR GRISBLANCO. TIENEN UN ESPESOR DE 60-70 CM Y SE ENCUENTRAN POR DEBAJO DE UNA CAPA DE SUELO DE 30 CM CON ABUNDANTES RAICES YA QUE SE TRATA DE EXTENSAS PLANICIES, LAS RESERVAS PUEDEN CALIFICARSE COMO MUY GRANDES. LA CALIDAD DEL MATERIAL ES CONSTANTEMENTE CONTROLADO POR LOS LABORATORIOS DE LA INDUSTRIA NACIONAL DEL CEMENTO (INC) EN VILLETA, LA UNICA CONSUMIDORA DE PUZOLANA ACTUALMENTE EN EL PAÍS, PARA SU PRODUCCIÓN DE CEMENTO "TIPO PUZOLANICO". EL CEMENTO PUZOLANICO SE COMPONE DEL 80 % DE CALIZA CON ARCILLA Y MATERIAL HEMATÍTICO; DEL 5 % DE YESO Y DEL 15 % DE MATERIAL PUZOLANICO. ANALISIS QUIMICOS DE LA MATERIA PRIMA

PUZOLÁNICA SON PRESENTADOS EN LA TABLA 1

LA INC ADQUIERE ACTUALMENTE 30.000 - 35 000 T/A DE MATERIAL PUZOLÁNICO DE YBYTYMI Y AÑADE 15% AL CEMENTO POR EL ALTO CONTENIDO DE 9 - 10% DE HUMEDAD EN EL MATERIAL, PAGÁNDOSE ALREDEDOR DE 11 000 - 14 000 Gs/T EN LA PLANTA DE VILLETA.

GEOLOGIA Y ORIGEN. LA EXTENSA ZONA DEL VALLE DEL ARROYO TEBICUARY-MI PERTENECE AL "RIFT DE ASUNCION", UNA ESTRUCTURA DE TECTÓNICA DISTENSIONAL MESOZOICA CON DIRECCIONES PREDOMINANTES AL NW Y NNW. ESTA TECTÓNICA CAUSO LA RUPTURA DEL BASAMENTO PRECÁMBRICO/PALEOZOICO Y UN SUBSIGUIENTE BASCULAMIENTO DIFERENCIADO EN BLOQUES; HUNDIÉNDOSE EL AREA DEL ARROYO TEBICUARY-MI, LEVANTÁNDOSE EL AREA DE YBYTYMI AL N Y EL ÁREA DE CORDILLERITA AL S FORMAN LA BASE DE LAS OCURRENCIAS PUZOLANICAS ARENISCAS HETEROGÉNEAS DE LA FORMACION CNEL, OVIEDO (CARBONIFERO). HACIA EL N (CORDILLERA DE YBYTYMÍ) SE EXPONEN SECUENCIAS CARBONIFERAS; HACIA EL E (CIUDAD DE ITAPE) SOBROYACEN SEDIMENTOS DEL GRUPO INDEPENDENCIA (PERMO-CARBONIFERO).

LA TECTÓNICA DISTENSIONAL MESOZOICA SE VIÓ ACOMPAÑADA POR UN PRONUNCIADO MAGMATISMO BASICO-ALCALINO (INTRUSIVAS Y EXTRUSIVAS). FORMAN PARTE DE LAS EXTRUSIVAS CENTROS DE ERUPCIONES (CHIMENEAS CON BRECCIAS Y CENIZAS VOLCANICAS).

MATERIAL PIROCLASTICO MESOZOICO EROSIONADO Y REDEPOSITADO EN LAS PLANICIES FORMARIAN UNA FUENTE DE ORIGEN PARA EL MATERIAL PUZOLANICO.

POR EL OTRO LADO, ZARZA (1991) IDENTIFICO LA PRESENCIA DE DIATOMEAS DE AMBIENTES LACUSTRES DE AGUA DULCE (?) EN MATERIALES PUZOLANICOS DE YBYTYMI ESTOS MICROORGANISMOS IGUALMENTE PODRAN CONTRIBUIR A LA FORMACION DE LOS SEDIMENTOS PUZOLANICOS.

LORENZ (1992) INCLUYE TAMBIEN, QUE A CONSECUENCIA DE FORMACIONES DE SUELOS, SE HAYAN GENERADO NUEVOS MINERALES, QUE SON AMORFOS Y CON ELLO SE CAUSARIA UNA PUZOLANEIDAD.

PERSPECTIVAS: ACTUALMENTE SE TRANSPORTA EL MATERIAL PUZOLANICO EN CAMIONES DESDE EL ARROYO TEBICUARY MI A VILLETA (INC) POR UNA DISTANCIA DE 175 KM, CALCULÁNDOSE UN COSTO DE 100 Gs/t/km TENIENDO EN CUENTA EL PAGO EN VILLETA DE 11 000 - 14.000 Gs/T SIGNIFICA UN DEFICIT FINANCIERO, QUE UNICAMENTE PUEDE SER ABSORBIDO POR LA INC MISMA (EMPRESA ESTATAL), A CUENTA DEL PRODUCTO FINAL O SEA, SE DEBERA AUMENTAR EL PRECIO EN MERCADO PARA MATERIAL PUZOLANICO O ENCONTRAR UN YACIMIENTO MAS CERCA AL CONSUMIDOR, PARA QUE UNA EXPLOTACION SE CONVIERTA RENTABLE

2) PROPIEDAD DEL GRAL. SOLIS (ESTANCIA SALITRE-CUE), JURIS-
DICCION DE JOSÉ LEANDRO OVIEDO, SOBRE EL RIO TEBICUARY
(N 43,6; E 67,6, HOJA 1:50.000 - 5667 IV COLONIA GRAL.
PATRICIO COLMAN), MAPA 2.

LA OCURRENCIA DE MATERIAL PUZOLANICO SE IDENTIFICA EN
LAS ORILLAS DEL RIO TEBICUARY COMO DEPOSITO DETRITICO
ALUVIAL EN UNA EXTENSA PLANICIE HUMEDAL EL MATERIAL ES ALGO
HETEROGENEO DE GRANULOMETRIA FINA A GRUESA, INCIPIENTEMENTE
SILICIFICADO, BIEN EXTRATIFICADO Y DE COLOR BLANCUZCO.
ALCANZA ESPESORES HASTA 3 5 M, POR DEBAJO DE UN SUELO DE
20 - 50 CM. YA QUE LAS PLANICIES EN LA ZONA SON TAN EXTENSAS
Y SUPONIENDO UNA DISTRIBUCION HOMOGÉNEA DE LOS SEDIMENTOS
PUZOLANICOS, LAS RESERVAS SON CLASIFICADAS COMO MUY GRANDES

REFERENCIAS Y ANALISIS DE LA PUZOLANEIDAD NO HAN SIDO
IDENTIFICADOS HASTA LA FECHA POR ESO, UN PERFIL SEMIDE-
TALLADO DE 3 MUESTRAS DE VOLUMEN HA SIDO ESTUDIADO POR
LORENZ (1992). LOS RESULTADOS SON PRESENTADOS EN LAS TABLAS
1, 2 Y 3 SEGUN ESTOS ENSAYOS, EL MATERIAL PUZOLÁNICO DE
SALITRE-CUE CUMPLE CON LOS REQUISITOS PARA LA PRODUCCION DE
CEMENTO "TIPO PUZOLANICO".

GEOLOGIA Y ORIGEN: LA ZONA DE SALITRE-CUÉ SE UBICA EN
UNA VASTA PLANICIE CUATERNARIA INUNDABLE ENTRE EL SUBCRATON
RIO TEBICUARY Y ALGUNOS AFLORAMIENTOS ORDOVÍCICOS AL W Y

SECUENCIAS PERMICAS (GRUPO INDEPENDENCIA) DE LA CUENCA DEL PARANA, AFLORANTES A ESCASA DISTANCIA AL E DEL AREA DE ESTUDIO. EL SUBSTRATO DE LOS EXTENSOS SEDIMENTOS CUATERNARIOS FORMAN DEPÓSITOS VARVITICOS Y ARENOSOS/ DIAMICTITICOS DE LA FM (CORONEL OVIEDO (CARBONÍFERO) LOS ESTRATOS PALEOZOICOS BUZAN CON 1 - 3° AL E, CON RUMBOS AL N; EN UN AMBIENTE TIPICO DE SUBSIDENCIA DE CUENCA

INFLUENCIAS TECTONCIAS SON MANIFESTADAS DURANTE EL MESOZOICO (TECTONICA DISTENSIONAL), CAUSANDO UN FRACTURAMIENTO AL NW Y LA INYECCION DE DIQUES Y COLADAS DIABASICAS A LOS SEDIMENTOS PALEOZOICOS EFUSIVAS PIROCLÁSTICAS SON OBSERVADAS HACIA EL NW (ZONA DE YBYTYMI).

UN ORIGEN DE LAS PUZOLANAS EN SALITRE-CUE SE PODRIA ASUMIR CON LA EROSION Y REDEPOSICIÓN EN PLANICIES DE MATERIAL PIROCLASTICO DEL NW.

MAS PROBABLE APARECE EL MODELO DE UN AMBIENTE AMPLIO LACUSTRE DE AGUA DULCE (?) EN UNA PLANICIE INUNDABLE, CON ABUNDANTES MICROORGANISMOS (DIATOMEAS Y RADIOLARIAS) QUE CONTRIBUIRÍAN A LA FORMACION DE PUZOLANA.

SEGUN ANALISIS (LORENZ, 1992; VER TABLAS 2 Y 3) LAS FORMACIONES DE SUELO HAN GENERADO NUEVOS MINERALES AMORFOS, CAUSANDO IGUALMENTE LA CAPACIDAD PUZOLANICA

PERSPECTIVAS. NO EXISTEN SUFICIENTES DATOS ACCESIBLES PARA EVALUAR LAS RESERVAS PUZOLANICAS EN SALITRE-CUE. NO OBSTANTE, LOS ANÁLISIS REALIZADOS INDICAN UNA ALTA FAVORABILIDAD DE ESTOS MATERIALES. ACTUALMENTE NO SE EXPLOTA EL YACIMIENTO, ESTIMANDO AQUI UNA RESERVA MUY VOLUMINOSA.

CUALQUIER EXPLOTACION FUTURA DEBERA RECURRIR AL TRANSPORTE POR VÍA FERREA. LA LINEA DEL FERROCARRIL "CARLOS A LÓPEZ" PASA POR ENCIMA DEL YACIMIENTO PUZOLANICO, OFRECIENDO UN TRANSPORTE HASTA ASUNCION DE 5 000 Gs/T (CERCA DE 250 KM). ES LA UNICA FORMA DE TRASLADAR EL MATERIAL HASTA EL CONSUMIDOR (INC EN VILLETA), YA QUE UN TRANSPORTE POR CARRETERA SERÍA ECONOMICAMENTE PROHIBITIVO

APROVECHANDO UN TRANSPORTE ECONOMICO VIA FERREA, LA TERMINACION DEL CEMENTO "TIPO PUZOLANICO" EN LA INC TAMBIÉN SE VOLVERIA MAS COMPETITIVO Y LA EXPLOTACION DEL YACIMIENTO PODRIA TRANSFORMARSE A SER BIEN RENTABLE (11.000 - 14.000 Gs/T EN INC, TRANSPORTE = 5 000 Gs/T); INDICANDOSE UN POSIBLE CONSUMO DE PUZOLANA ANUAL DE 120.000 - 140.000 T/A (PRODUCCION DE CLINKER 600.000 T/A ACTUALMENTE).

ELEMENTOS	YBYTYMI LAB.: INC, 1992	SALITRE-CUE (MUESTRA PSC-1) LAB. BGR, 1992
SiO ₂	80,00 %	77,8 %
Al ₂ O ₃	8,1 %	8,7 %
Fe ₂ O ₃	3,6 %	2,7 %
CaO	1,4 %	0,6 %
MgO	0,4 %	0,3 %
Na ₂ O	0,84 %	1,3 %
K ₂ O	0,88 %	1,9 %
PÉRDIDA POR CALCINACIÓN	3,7 %	4,97

SEGUN INC (MÉTODO POR FRATTINI) • PUZOLANEIDAD Y
RESISTENCIA SON APTAS

TABLA 1. ANALISIS QUÍMICOS DE MATERIAL PUZOLANICO EN
PARAGUAY ORIENTAL

MUESTRA	COMPON. PRINC.	COMPON. SECUND.	COMPON. TRAZOS
W-S-92	- CRISTALES AMOR FOS - ALOFANA - CRISTOBALITA	- CUARZO - HORNBLENDA	-----
PSC 1	- CUARZO - CRISTALES AMOR FOS	- FELDESPATO	- MUSCOVITA - ILLITA
PSC 2	- CRISTALES AMOR FOS	- CUARZO - SMEKTITA - MUSCOVITA - ILLITA	- FELDESPATO
PSC 3	- CRISTALES AMOR FOS	- CUARZO - SMEKTITA - MUSCOVITA - ILLITA	- FELDESPATO

TABLA 2: ANÁLISIS MINERALÓGICO POR MÉTODOS DE DIFRACTOMETRIA DE RAYOS-X (LAB.: BGR, 1992). UBICACIÓN DE MUESTRAS: W-S-92 DE YBYTYMÍ; PSC 1 A 3 DE SALITRE-CUE

Muestra	S102 %	T102 %	A1203 %	Fe203 %	MnO %	MgO %	CaO %	Na2O %	K2O %	P2O5 %	(S03) %	LOI %	SUM %
W-S-92	40.31	0.830	23.97	7.05	0.049	1.52	1.06	0.59	0.37	0.11	<0.05	23.95	99.81
PSC 1	77.74	1.316	8.71	2.70	0.067	0.33	0.63	1.28	1.92	<0.01	<0.05	4.97	99.66
PSC 2	70.24	0.387	12.54	2.47	0.042	0.43	0.99	2.10	4.07	0.01	<0.05	6.30	99.58
PSC 3	69.73	0.478	13.04	2.45	0.043	0.42	1.02	2.11	3.92	<0.01	<0.05	6.57	99.78

Muestra	(As) ppm	Ba ppm	Ce ppm	Co ppm	Cr ppm	Cs ppm	Cu ppm	Ga ppm	Hf ppm	La ppm	Mo ppm	Nb ppm	Ni ppm
W-S-92	5	271	50	5	53	6	30	1	50	50	5	7	19
PSC 1	9	534	43	21	13	10	10	3	3	9	<5	14	<7
PSC 2	11	560	37	<7	7	12	<15	13	<10	13	5	1	<7
PSC 3	11	575	45	7	<7	3	10	18	<10	11	<5	8	<7

Muestra	Pb ppm	Pb ppm	Sc ppm	U ppm	U ppm	U ppm	U ppm	U ppm	U ppm	U ppm	U ppm	U ppm	U ppm
W-S-92	17	6	15	3	73	10	10	10	10	10	10	10	10
PSC 1	19	106	5	<3	113	10	10	10	10	10	10	10	10
PSC 2	22	187	4	3	167	3	10	10	10	10	10	10	10
PSC 3	28	185	6	3	170	3	10	10	10	10	10	10	10

Tabla 3. Analisis de elementos principales y elementos trazos, obs () = concentracion restante luego de un control de calidad, -15. BGP 1992

REFERENCIAS

- INDUSTRIA NACIONAL DEL CEMENTO (1992). DATOS ESTADÍSTICOS SOBRE MATERIALES PUZOLANICOS REGISTRADOS DE ENSAYOS. LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIAS PRIMAS, INFORME INTERNO, VILLETEA.
- AMILICHE MATERIALPRUFANSTALT FÜR STEIN UND ERDEN (1992). DETERMINACION DE LA CONSISTENCIA Y PUZOLANICIDAD EN MUESTRAS DE SUELOS Y MEZCLAS DE CLINKER PARA CEMENTO PORTLAND - CERTIFICADO DE ENSAYOS, 1/1, CLAUSURAL-ZELLEPFELD
- LORENZ, W., (1992). BERICHT ÜBER EINE MIENSTREISE ZUR BEPATUNG DES PROJEKTIFILS NICKELMETALL LEHSTOFFE. INFORME TECNICO, ARCH. NR 103637, 16 P, BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN U. ROHSTOFFE. 44111 P
- ZARZA, P. P. (1991). ESTUDIO LAS POZOLANAS NATURALES DE "YBETIMÍ - LA COLMENA", PARAGUAY ORIENTAL. DISS. MAESTRO, UNESP IGCE, 151 P, PIYLLAP

PARTE II

ANÁLISIS TECNOLÓGICO DE MATERIAL PUZOLÁNICO DE 1 MUESTRA DE LA ZONA DE YBYTYMÍ Y DE 3 MUESTRAS DE LA ZONA DE SALITRE-CUÉ, PARAGUAY ORIENTAL.

ES PRESENTADA LA TRADUCCION DE UN CERTIFICADO TÉCNICO SOBRE MATERIAL PUZOLÁNICO DE PARAGUAY ORIENTAL. LOS ANALISIS FUERON REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE LA CONSTRUCCIÓN (AMTLICHE MATERIALPRUFANSTALT FÜR STEINE UND ERDEN) EN CLAUSTHAL-ZELLERFELD, ALEMANIA FEDERAL. EL TEXTO ORIGINAL SE AGREGA EN EL ANEXO 1. LA UBICACIÓN DE LAS MUESTRAS SE OBSERVA EN LOS MAPAS 1 Y 2 DE LA PARTE I DE ESTE INFORME.

A PEDIDO DE LA BGR-HANNOVER SE ANALIZARON EN EL LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE LA CONSTRUCCIÓN EN CLAUSTHAL-ZELLERFELD 4 MUESTRAS DE SUELOS DEL PARAGUAY ORIENTAL, REFERENTE A SU CONSISTENCIA Y PUZOLANEIDAD:

ENSAYOS:

1. PREPARACIÓN DE MUESTRAS:

LAS 4 MUESTRAS A ANALIZAR FUERON MOLIDAS HASTA $< 200 \mu\text{m}$. MATERIAL STANDARD DE CLINKER ($< 2 \text{ mm}$) FUE MOLIDO HASTA $2.800 \text{ cm}^2/\text{g}$. UNA MEZCLA DE YESO + ANHIDRITA, COMO SUBSTRATO DE SO_3 FUÉ MOLIDO HASTA $< 200 \mu\text{m}$, DETERMINÁNDOSE EL CONTENIDO DE SO_3 EN 51,2 % PESO.

SEGÚN ESPECIFICACIONES 20 : 80, 25 : 75 Y 30 : 70 SE PREPARARON LAS MUESTRAS PARA LOS ENSAYOS (MEZCLA YESO + ANHIDRITA, CLINKER STANDARD Y MUESTRAS DE PARAGUAY), DEJANDO SETS HOMOGENEIZADOS A $3.200 \pm 100 \text{ cm}^2/\text{g}$, CON CONTENIDOS IGUALES DE 3,0% PESO SO_3 .

2. CONSISTENCIA:

SEGÚN NORMAS DIN EN 196-1 SE ESPECIFICARON LAS DETERMINACIONES DE CONSISTENCIA, INDICADAS EN LA TABLA 1.

3. PUZOLANEIDAD:

SEGÚN NORMAS DIN EN 196-5 SE ESPECIFICARON LAS DETERMINACIONES DE PUZOLANEIDAD, INDICADAS EN LAS TABLAS 2A Y 2B.

LUEGO DE UN ALMACENAMIENTO DE 15 DÍAS, TODOS LOS VALORES DE CONCENTRACIONES DE IONES DE HIDROXILOS Y ÓXIDOS DE CALCIO ESTABAN POR DEBAJO DE LA ISOTERMA DE SATURACIÓN PARA ÓXIDOS DE CALCIO, INDICADA SEGÚN NORMAS DIN EN 196-5.

4. EVALUACIÓN:

TODAS LAS MEZCLAS PRESENTAN CARACATERÍSTICAS PUZOLÁNICAS.

TABLA 1: CONSISTENCIA

MEZCLA	MUESTRA	LÍMITE DE FLEXIBILIDAD (CONSISTENCIA) POR DÍAS (N/MM ²)					LÍMITE DE PRESIÓN (CONSISTENCIA) POR DÍAS (N/MM ²)				
		2	3	7	28	90	2	3	7	28	90
0/100		7,3	7,8	8,5	8,7	8,9	28,8	35,3	42,0	49,3	54,4
20/80	WS	5,6	5,9	6,8	7,1	7,2	26,1	28,7	36,0	43,1	48,0
	PSC 1	5,7	6,4	6,9	8,3	8,6	26,3	29,1	35,5	44,0	48,2
	PSC 2	5,8	6,5	7,4	8,1	8,8	26,8	30,2	36,5	43,6	51,6
	PSC 3	6,0	7,1	7,3	8,6	8,9	28,3	30,7	36,4	46,3	53,1
25/75	WS	4,7	4,9	5,8	6,0	6,5	23,6	25,4	31,9	41,0	48,0
	PSC 1	5,5	6,4	7,0	7,8	8,2	24,1	26,3	30,9	40,5	48,1
	PSC 2	5,0	6,1	6,8	8,1	8,5	23,7	27,9	32,8	41,7	51,5
	PSC 3	5,6	6,0	6,8	8,0	9,0	26,0	27,5	31,2	45,3	52,6
30/70	WS	4,1	4,6	5,3	5,7	5,9	21,2	23,2	29,0	34,8	42,3
	PSC 1	5,0	5,6	6,0	6,9	8,2	20,8	24,6	29,1	37,8	46,8
	PSC 2	5,6	5,8	6,6	7,4	9,0	23,0	24,8	33,0	42,9	52,0
	PSC 3	5,6	5,6	6,3	7,0	9,0	22,3	24,1	31,7	41,6	52,9

TABLA 2A: PUZOLANEIDAD, LUEGO DE 8 DÍAS DE ALMACENAMIENTO

MEZCLA: MUESTRA/CLINKER DE PORTLAND	MUESTRA	LUEGO DE 8 DÍAS DE ALMACENAMIENTO		ALCANCE DE LAS NORMAS
		IONES DE HIDROXILOS (M MOL/L)	ÓXIDOS DE CALCIO (M MOL/L)	
20/80	MS	55,4	6,90	SI
	PSC 1	62,8	8,65	NO
	PSC 2	62,0	5,50	SI
	PSC 3	62,4	4,70	SI
25/75	MS	51,8	6,00	SI
	PSC 1	60,2	7,75	SI
	PSC 2	60,6	4,90	SI
	PSC 3	61,6	4,40	SI
30/70	MS	48,8	5,90	SI
	PSC 1	57,0	8,10	NO
	PSC 2	57,8	4,80	SI
	PSC 3	59,2	4,80	SI

TABLA 2B: PUZOLANEIDAD, LUEGO DE 15 DÍAS DE ALMACENAMIENTO

MEZCLA: MUESTRA/CLINKER DE PORTLAND	MUESTRA	LUEGO DE 15 DÍAS DE ALMACENAMIENTO		ALCANCE DE LAS NORMAS
		IONES DE HIDROXILOS (M MOL/L)	ÓXIDOS DE CALCIO (M MOL/L)	
20/80	WS	56,0	6,50	SI
	PSC 1	62,4	6,70	SI
	PSC 2	67,1	4,45	SI
	PSC 3	68,0	4,33	SI
25/75	WS	54,4	6,25	SI
	PSC 1	60,8	6,40	SI
	PSC 2	66,0	4,20	SI
	PSC 3	66,2	3,20	SI
30/70	WS	49,7	5,38	SI
	PSC 1	57,4	6,15	SI
	PSC 2	63,2	3,79	SI
	PSC 3	63,6	2,98	SI

ANEXO 1

TEXTO ORIGINAL DEL "PRÜFUNGSZEUGNIS M 3011"
(ANALYSIS TECNICO DE MATERIAL PUZOLANICO)

Amtliche Materialprüfanstalt für Steine und Erden

3392 Clausthal-Zellerfeld, Zehntnerstraße 2A
Telefon (05323) 72-2290, Telefax (05323) 72-3510

Direktor: Prof. Dr.-Ing. I. Odler
Telefon (05323) 72-2251

PRÜFUNGSZEUGNIS

Nr. M 3011

Antragsteller

Bundesanstalt für Geowissenschaften
und Rohstoffe
Postfach 51 01 53
3000 Hannover 51

Antrag vom. 5.8.92

Zeichen: Z1.22.090954751990000
022001083500

Inhalt des Antrags:

Bestimmung der Festigkeit und Puzzolanität an
Gesteinsproben und Portlandklinker-Mischun-
gen.

Das Prüfungszeugnis umfaßt 5 Seiten und - Anlagen.

Sachbearbeiter. Dr.-Ing. S. Abdul-Maula



Das Prüfungszeugnis darf auszugsweise oder gekürzt nur mit schriftlicher Genehmigung der Prüfanstalt veröffentlicht werden.

Soweit Versuchsmaterial nicht verbraucht ist, wird es nach vier Wochen vernichtet.
Eine längere Aufbewahrung bedarf einer besonderen Vereinbarung.

Auf Antrag der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover waren vier Gesteinsproben der Bezeichnung WS, PSC 1, PSC 2 und PSC 3 mit Portlandklinker im Verhältnis 20 : 80, 25 : 75 und 30 : 70 zu vermischen.

Es sollten die Puzzolanität und die Festigkeit bestimmt werden.

Untersuchungen

1. Probenvorbereitung

Die Gesteinsproben WS, PSC 1, PSC 2 und PSC 3 wurden zerkleinert ($< 200 \mu\text{m}$). Der Portlandklinker (Niedersächsisches Zementwerk) wurde zuerst in Backenbrechern zerkleinert ($< 2 \text{ mm}$) und dann in einer Kugelmühle auf die Feinheit von ca. $2800 \text{ cm}^2/\text{g}$ (Blaine) gemahlen.

Gips+Anhydrit-Gemisch als SO_3 -Träger (Niedersächsisches Zementwerk) wurden auf $< 200 \mu\text{m}$ gemahlen. Der SO_3 -Gehalt von 51,2 Gew.-% wurde bestimmt.

Entsprechend den Vorgaben wurden aus dem Gips+Anhydrit-Gemisch, den Gesteinsproben und gemahlenen Portlandklinkern Mischungen hergestellt. Anschließend wurden die Proben in einer Kugelmühle auf eine Feinheit von $3200 \pm 100 \text{ cm}^2/\text{g}$ (Blaine) gemahlen. Der SO_3 -Gehalt war bei allen Proben auf 3,0 Gew.-% eingestellt worden.

2. Festigkeit

Nach DIN EN 196-1 wurden die Probekörper für die Festigkeitsbestimmung hergestellt, gelagert und geprüft.

Die Ergebnisse sind in Tafel 1 wiedergegeben.

3. Puzzolanität

Die Puzzolanität wurde nach DIN EN 196-5 bestimmt. Die ermittelten Werte sind in Tafel 2 a und b wiedergegeben.

Nach 15-tägiger Lagerung liegen alle Werte der Konzentrationen an Hydroxylionen und an Calciumoxid unter der in DIN EN 196-5 gegebenen Sättigungsisotherme für Calciumoxid.

4. Beurteilung

Alle hergestellten Mischungen weisen somit puzzolanische Eigenschaften auf.

Clausthal-Zellerfeld, den 07.01.1993 m-a

Der Direktor

Sachbearbeiter

i. V. ORR Dr.-Ing. W. Hinrichsen
-Ing. S. Abdul-Maula



Tafel 1: Festigkeiten

Mischung	Ge- steins- probe	Biegefestigkeit N/mm ²			Druckfestigkeit N/mm ²						
		2	3	7	2	3	7				
0/100		7,3	7,8	8,5	8,7	8,9	28,8	35,3	42,0	49,3	54,4
20/80	WS	5,6	5,9	6,8	7,1	7,2	26,1	28,7	36,0	43,1	48,0
	PSC 1	5,7	6,4	6,9	8,3	8,6	26,3	29,1	35,5	44,0	48,2
	PSC 2	5,8	6,5	7,4	8,1	8,8	26,8	30,2	36,5	43,6	51,6
	PSC 3	6,0	7,1	7,3	8,6	8,9	28,3	30,7	36,4	46,3	53,1
25/75	WS	4,7	4,9	5,8	6,0	6,5	23,6	25,4	31,9	41,0	48,0
	PSC 1	5,5	6,4	7,0	7,8	8,2	24,1	26,3	30,9	40,5	48,1
	PSC 2	5,0	6,1	6,8	8,1	8,5	23,7	27,9	32,8	41,7	51,5
	PSC 3	5,6	6,0	6,8	8,0	9,0	26,0	27,5	31,2	45,3	52,6
30/70	WS	4,1	4,6	5,3	5,7	5,9	21,2	23,2	29,0	34,8	42,3
	PSC 1	5,0	5,6	6,0	6,9	8,2	20,8	24,6	29,1	37,8	46,8
	PSC 2	5,6	5,8	6,6	7,4	9,0	23,0	24,8	33,0	42,9	52,0
	PSC 3	5,6	5,6	6,3	7,0	9,0	22,3	24,1	31,7	41,6	52,9



Tafel 2 a: Puzzolanität nach 8-tägiger Lagerung

Mischung Gestein/ Portlandklinker	Gesteins- probe	Hydroxylionen mmol/l	nach 8-tägiger Lagerung Calciumoxid mmol/l	Norm erfüllt
20/80	WS	55,4	6,90	ja
	PSC 1	62,8	8,65	nein
	PSC 2	62,0	5,50	ja
	PSC 3	62,4	4,70	ja
25/75	WS	51,8	6,00	ja
	PSC 1	60,2	7,75	ja
	PSC 2	60,6	4,90	ja
	PSC 3	61,6	4,40	ja
30/70	WS	48,8	5,90	ja
	PSC 1	57,0	8,10	nein
	PSC 2	57,8	4,80	ja
	PSC 3	59,2	4,80	ja



Tafel 2 b: Puzzolanität nach 15-tägiger Lagerung

Mischung Gestein/ Portlandklinker	Gesteins- probe	nach 15-tägiger Lagerung		Norm erfüllt
		Hydroxylionen mmol/l	Calciumoxid mmol/l	
20/80	WS	56,0	6,50	ja
	PSC 1	62,4	6,70	ja
	PSC 2	67,1	4,45	ja
	PSC 3	68,0	4,33	ja
25/75	WS	54,4	6,25	ja
	PSC 1	60,8	6,40	ja
	PSC 2	66,0	4,20	ja
	PSC 3	66,2	3,20	ja
30/70	WS	49,7	5,38	ja
	PSC 1	57,4	6,15	ja
	PSC 2	63,2	3,79	ja
	PSC 3	63,6	2,98	ja

