

T I E R R A D E D I A T O M E A S:
P L A N T A D E C A L C I N A C I O N

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO
POR EL EX-ALUMNO DE LA
ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS
DEPARTAMENTO DE QUIMICA INDUSTRIAL,
DON ABEL AGUILAR URDANIVIA,
EGRESADO EN 1950.

I N D I C E

CAP. I.- NECESIDAD DE LA TIERRA DE DIATOMEAS EN EL PERU	1
CAP. II.- TIERRA DE DIATOMEAS - Ideas generalès	14
CAP. III.- TIERRA DE DIATOMEAS EN EL MERCADO MUNDIAL	22
CAP. IV.- TIERRA DE DIATOMEAS: USOS	33
TIERRA DE DIATOMEAS-USOS EN EL PERU	52
CAP. V.- PROPIEDADES DE LA TIERRA DE DIATOMEAS	69
CAP. VI.- LOCALIZACION DE LA PLANTA	83
CAP. VII.- DESARROLLO DEL PROCESO INDUSTRIAL	92
CAP. VIII.- ESTUDIO ECONOMICO DEL PROYECTO	159

B I B L I O G R A F I A

C A P I T U L O I

NECESIDAD DE LA TIERRA DE DIATOMEAS EN EL PERU.

1.- Datos del Anuario del Comercio Exterior	1
a) 1939	1
b) 1940	2
c) 1941	3
d) 1942	5
e) 1943	6
f) 1944 - 1945 - 1946	6
g) 1947	8
h) 1948	9
2.- Conclusión	11
3.- Volumen de Producción	12



CAPITULO I

NECESIDAD DE LA TIERRA DE DIATOMEAS EN EL PERU

Datos del Anuario del Comercio Exterior.- De la sección octava de los anuarios correspondientes a los años comprendidos entre 1939 inclusive y 1948 inclusive se ha tomado las siguientes partidas:

1 9 3 9

Partida N° 676.- Arenas para filtraciones.
Unidad K. B. Derecho S/o.0.04

EE. UU.	3,237 S/o.	3,194	Callao	3,560 S/o.	3,183
Alemania	500	216	Paita	2	1
Panamá	2	1	Mollendo	142	122
			Talara	35	105
Total:	3,739 S/o.	3,411		3,739 S/o.	3,411

Partida N° 715.- Ladrillos refractarios para usos industriales.
Unidad K. B. Derecho S/o.0.0024

Alemania	117,877 S/o.	18,065	Callao	1'464,725 S/o.	229,231
Chile	200,300	9,261	Chimbote	9,144	523
EE. UU.	1'133,335	219,886	Eten	135,534	7,138
Gran Bretaña	485,317	37,993	Mollendo	63,876	5,444
Holanda	57,000	4,232	Paita	6,366	770
Suecia	168,429	10,987	Pimentel	48,964	5,158
			Salaverry	79,799	6,378
			Talara	353,847	45,778
			Correos	3	4
Total:	2'162,258 S/o.	300,424		2'162,258 S/o.	300,424

Partida N° 734.- Pasta, pomada, polvo o liquido para limpiar metales.

	Unidad K. B.	Derecho S/o.0.95			
Alemania	274 S/o.	655	Callao	10,064 S/o.	18,639
Checoeslovaquia	80	123	Eten	25	13
EE. UU.	3,294	6,493	Iquitos	476	844
Francia	2	1	Mollendo	200	668
Gran Bretaña	6,421	12,584	Pacasmayo	56	137
Italia	600	1,302	Paita	183	231
Japón	464	425	Pimentel	73	99
Panamá	172	173	Pisco	97	269
Suiza	7	87	Salaverry	25	68
			Tacna	9	42
			Talara	43	325
			Correos	63	508
Total:	11,314 S/o.	21,843		11,314 S/o.	21,843

1939 (cont.)

Partida N° 756.- Tierras de infusorios para filtración, inclusive las tierras silicosas
Unidad K. B. Derecho S/o.0.025

Alemania	12,430	S/o.	3,585	Callao	130,129	S/o.	16,296
EE. UU.	208,525		35,088	Eten	3,836		1,199
				Pimentel	37,481		9,743
				Pisco	97		97
				Salaverry	49,178		11,268
				Talara	227		58
				Correos	7		12
Total:	<u>220,955</u>	S/o.	<u>38,673</u>		<u>220,955</u>	S/o.	<u>38,673</u>

Partida N° 757.- Tierra refractaria para industrias.
Unidad K. B. Derecho S/o.0.0075

Alemania	18,338	S/o.	2,030	Callao	76,877	S/o.	18,966
Brasil	300		116	Eten	15,331		620
EE. UU.	37,344		17,285	Iquitos	300		116
Gran Bretaña	116,584		5,977	Mollendo	5,785		950
Suecia	358		47	Pimentel	929		219
				Salaverry	16,307		1,804
				Talara	57,395		2,780
Total:	<u>172,924</u>	S/o.	<u>25,455</u>		<u>172,924</u>	S/o.	<u>25,455</u>

1940

Partida N° 676.- Arenas para filtraciones.
Unidad K. B. Derecho S/o.0.04

EE. UU.	1,892	S/o.	1,865	Callao	1,715	S/o.	1,688
				Mollendo	177		177
Total:	<u>1,892</u>	S/o.	<u>1,865</u>		<u>1,892</u>	S/o.	<u>1,865</u>

Partida N° 715.- Ladrillos refractarios para usos industriales.
Unidad K. B. Derecho S/o.0.0024

Chile	193,500	S/o.	22,088	Callao	809,319	S/o.	137,108
EE. UU.	531,766		147,393	Chimbota	24,385		1,388
Gran Bretaña	551,793		42,023	Eten	151,868		14,940
Japón	10575		686	Iquitos	3,046		324
				Mollendo	10,033		1,991
				Pimentel	27,059		4,460
				Salaverry	160,554		29,982
				Talara	101,380		21,997
Total:	<u>1'287,634</u>	S/o.	<u>212,190</u>		<u>1'287,634</u>	S/o.	<u>212,190</u>

1940 (cont.)

Partida N° 734.- Pasta, pomada, polvo o líquido para limpiar metales

Unidad K. B.		Derecho S/o.0.80			
Alemania	3 S/o.	12	Callao	12,495 S/o.	22,775
Argentina	1	11	Mollendo	216	321
Brasil	32	425	Paita	68	165
Canadá	24	124	Pimentel	1	8
EE. UU.	6,519	13,888	Pisco	53	199
Francia	2	8	Tacna	4	11
Gran Bretaña	6,234	9,805	Talara	38	190
Japón	205	127	Correos	166	1,145
Méjico	1	1			
Suiza	20	388			
No especific.	--	25			
Total	13,041 S/o.	24,814		13,041 S/o.	24,814

Partida N° 756.- Tierras de infusorios para filtración, inclusive las tierras silicosas.

Unidad K. B.		Derecho S/o.0.025			
Alemania	1,400 S/o.	560	Callao	190,584 S/o.	38,346
Chile	2,025	595	Eten	13,812	3,907
EE. UU.	322,389	78,597	Ilo	3,462	1,799
			Pimentel	73,626	24,428
			Salaverry	44,057	11,185
			Talara	272	84
			Correos	1	5
Total:	325,814 S/o.	79,752		325,814 S/o.	79,752

Partida N° 757.- Tierra refractaria para industrias.

Unidad K. B.		Derecho S/o.0.0075			
EE. UU.	33,984 S/o.	11,798	Callao	47,717 S/o.	3,250
Gran Bretaña	103,264	7,628	Chimbote	1,020	602
			Eten	18,479	1,308
			Iquitos	604	149
			Mollendo	2,237	326
			Pimentel	2,654	1,896
			Salaverry	30,610	8,963
			Talara	33,927	2,932
Total:	137,248 S/o.	19,426		137,248 S/o.	19,426

1941

Partida N° 676.- Arenas para filtraciones.

Unidad K. B.		Derecho S/o.0.04			
EE. UU.	3,352 S/o.	5,883	Callao	23 S/o.	11
			Mollendo	3,329	5,872
Total:	3,352 S/o.	5,883		3,352 S/o.	5,883

1941 (cont.)

Partida N° 715.- Ladrillos refractarios para usos industriales.
Unidad K. B. Derecho S/o.0.002

Canadá	29,014	S/o. 22,869	Callao	1'665,495	S/o. 582,748
Chile	97,236	7,699	Eten	37,800	2,284
EE.UU.	1'866,079	612,850	Iquitos	18,200	4,442
Gran Bretaña	42,403	7,673	Mollendo	41,856	6,667
			Pimentel	187,809	40,389
			Salaverry	59,495	9,270
			Talara	24,072	5,282
			Correos	5	9
Total:	2'034,732	S/o. 651,091		2'034,732	S/o. 651,091

Partida N° 734.- Pasta, pomada, polvo o liquido para limpiar metales.

Unidad K. B.	Derecho S/o.0.80		
Argentina	6 S/o.	88	Callao 18,503 S/o. 45,531
Chile	-	2	Eten 54 32
EE. UU.	8,138	19,286	Iquitos 144 252
Gran Bretaña	10,932	29,517	Mollendo 265 406
Japón	250	127	Paita 96 1,310
			Pimentel 2 10
			Pisco 27 136
			Salaverry 19 38
			Tacna 64 178
			Talara 54 371
			Correos 98 756
Total:	19,326	S/o. 49,020	19,326 S/o. 49,020

Partida N° 756.- Tierras de infusorios para filtración, inclusive las tierras silicosas.
Unidad K. B. Derecho S/o.0.025

EE. UU.	319,137	S/o. 92,135	Callao	113,267	S/o. 35,894
Méjico	660	1,248	Eten	95,665	29,167
			Iquitos	460	210
			Pimentel	64,184	16,821
			Pisco	181	124
			Salaverry	46,040	11,167
Total:	319,797	S/o. 93,383		319,797	S/o. 93,383

Partida N° 757.- Tierras refractarias para industrias.
Unidad K. B. Derecho S/o.0.0075

EE. UU.	111,321	S/o. 56,585	Callao	28,915	S/o. 17,604
Gran Bretaña	66,545	6,780	Iquitos	3,740	633
			Mollendo	9,174	1,309
			Paita	4,582	1,750
			Pimentel	45,121	20,527
			Salaverry	28,526	11,692
			Talara	57,645	5,775
			Tumbes	163	4,075
Total:	177,866	S/o. 63,365		177,866	S/o. 63,365

1 9 4 2

Partida N° 676.- Arenas para filtraciones.
Unidad K. B. Derecho S/o.0.04

EE. UU.	166 S/o.	187	Callao	166 S/o.	187
Total:	166 S/o.	187		166 S/o.	187

Partida N° 715.- Ladrillos refractarios para usos industriales.
Unidad K. B. Derecho S/o.0.0024

Chile	5,700 S/o.	1,650	Callao	836,645 S/o.	199,090
EE. UU.	725,382	200,313	Mollendo	1,162	337
Gran Bretaña	178,224	15,835	Pimentel	21,330	7,427
			Salaverry	33,640	7,252
			Talara	16,510	3,669
			Correos	19	23
Total	909,306 S/o.	217,798		909,306 S/o.	217,798

Partida N° 734.- Pasta, pomada, polvo o líquido para limpiar metales.

Unidad K. B. Derecho S/o.0.96

Argentina	21 S/o.	99	Callao	16,032 S/o.	39,730
Canadá	--	4	Iquitos	6	21
EE. UU.	7,863	21,304	Mollendo	117	587
Gran Bretaña	8,671	20,710	Paíta	66	182
Portugal	2	9	Pimentel	126	223
			Pisco	2	5
			Salaverry	29	54
			Tacna	8	24
			Talara	81	412
			Correos	90	888
Total:	16,557 S/o.	42,126		16,557 S/o.	42,126

Partida N° 756.- Tierras de infusorios para filtración, inclusive las tierras silicosas.

Unidad K. B. Derecho S/o.0.03

EE. UU.	426,603 S/o.	149,862	Callao	236,156 S/o.	70,521
			Eten	72,574	42,619
			Iquitos	2,548	1,175
			Paíta	9,196	3,772
			Pimentel	68,379	22,484
			Salaverry	37,195	9,023
			Talara	555	268
Total:	426,603 S/o.	149,862		426,603 S/o.	149,862

Partida N° 757.- Tierra refractaria para industrias.

Unidad K. B. Derecho S/o.0.009

Chile	5,000 S/o.	1,139	Callao	36,681 S/o.	7,847
EE. UU.	47,280	22,235	Mollendo	240	39
Gran Bretaña	27,690	2,164	Paíta	1,951	547
			Pimentel	678	890
			Salaverry	19,799	11,657
			Talara	20,621	4,558
Total:	79,970 S/o.	25,538		79,970 S/o.	25,538

1943

Partida N° 715.- Ladrillos refractarios para usos industriales.
Unidad K. B. Derecho S/o. 0.0024

Chile	2,105 S/o.	819	Callao	1'433,582 S/o.	438,635
EE. UU.	1'148,673	409,912	Iquitos	22,170	3,364
Gran Bretaña	304,974	31,268			
Total:	1'455,752 S/o.	441,999		1'455,752 S/o.	441,999

Partida N° 734.- Pasta, pomada, polvo o liquido para limpiar metales.

Unidad K. B. Derecho S/o. 0.95

Argentina	15 S/o.	69	Callao	24,938 S/o.	58,635
EE. UU.	10,021	21,124	Iquitos	25	41
Gran Bretaña	16,154	39,885	Mollendo	117	200
			Paita	15	49
			Pimentel	201	472
			Talara	848	1,496
			Correos	46	185
Total:	26,190 S/o.	61,078		26,190 S/o.	61,078

Partida N° 756.- Tierras de infusorios para filtración, inclusive las tierras silicosas.

Unidad K. B. Derecho S/o. 0.03

Argentina	2,264 S/o.	5,102	Callao	163,513 S/o.	73,048
Chile	5,000	1,320	Salaverry	33,289	9,464
EE. UU.	189,538	76,090			
Total:	196,802 S/o.	82,512		196,802 S/o.	82,512

Partida N° 757.- Tierras refractarias para industrias.

Unidad K. B. Derecho S/o. 0.009

EE. UU.	84,988 S/o.	34,679	Callao	122,079 S/o.	40,515
Gran Bretaña	39,839	6,285	Iquitos	2,748	449
Total:	124,827 S/o.	40,964		124,827 S/o.	40,964

1945 1944 1946

Partida N° 715.- Ladrillos refractarios para usos industriales.
Unidad K. B. Derecho S/o. 0.0024

<u>1944</u> EE. UU.	1'922,197 S/o.	722,159	Callao	1'922,197 S/o.	722,159
<u>1945</u> EE. UU.	2'073,683	954,002	Callao	2'073,683	954,002
<u>1946</u> -EE. UU.	2'031,329	584,667	Callao	2'031,329	584,667

1 9 4 5 1 9 4 4 1 9 4 6

Partida N° 734.- Pasta, pomada, polvo o líquido para limpiar metales.

Unidad K. B. Derecho S/o.0.96

<u>1944</u> EE. UU.	5,701 S/o.	15,636	Callao	5,701 S/o.	15,636
<u>1945</u> EE. UU.	6,026	20,696	Callao	6,026	20,696
<u>1946</u> EE. UU.	1,031	10,107	Callao	1,031	10,107

Partida N° 756.- Tierras de infusorios para filtración, inclusive las tierras silicosas.

Unidad K. B. Derecho S/o.0.03

<u>1944</u> EE. UU.	583,348 S/o.	214,023	Callao	583,348 S/o.	214,023
<u>1945</u> EE. UU.	633,008	222,929	Callao	633,008	222,929
<u>1946</u> EE. UU.	278,256	86,413	Callao	278,256	86,413

Partida N° 757.- Tierras refractarias para industrias.

Unidad K. B. Derecho S/o.0.009

<u>1944</u> EE. UU.	146,693 S/o.	44,792	Callao	146,693 S/o.	44,792
<u>1945</u> EE. UU.	173,013	59,857	Callao	173,013	59,857
<u>1946</u> EE. UU.	67,240	27,124	Callao	67,240	27,124

Partida N° 715.- Ladrillos refractarios para usos industriales

Unidad K. B. Derecho S/o.0.0024

<u>1944</u> Gran Bretaña	252,105 S/o.	55,541	Callao	252,105 S/o.	55,541
<u>1945</u> Gran Bretaña	288,994	56,998	Callao	288,994	56,998
<u>1946</u> Gran Bretaña	742,853	91,036	Callao	742,853	91,036

1947

1er. Semestre

Partida N° 715.- Ladrillos refractarios para usos industriales.
Unidad K. B. Derecho S/o.0.0024

EE. UU.	1'301,734	S/o. 531,132	Callao	779,962	S/o. 368,450
Gran Bretaña	37,492	6,550	Iquitos	5,000	4,366
			Mollendo	23,632	5,664
			Pimentel	520,913	155,271
			Talara	9,572	3,893
			Correos	147	78
Total:	1'339,226	S/o. 537,722		1'339,226	537,722

Partida N° 734.- Pasta, pomada, polvo o líquido para limpiar metales.

Unidad K. B. Derecho S/o.0.96

Canadá	6	S/o. 204	Callao	3,720	S/o. 16,918
EE. UU.	2,671	8,919	Mollendo	180	387
Gran Bretaña	1,359	5,238	Tacna	15	27
Italia	419	5,240	Talara	435	1,218
Suiza	27	306	Aéreos	20	321
			Correos	112	1,036
Total:	4,482	S/o. 19,907		4,482	19,907

Partida N° 756.- Tierras de infusorios para filtración, incluye las tierras silicosas.

Unidad K. B. Derecho S/o.0.003

EE. UU.	392,749	S/o. 188,705	Callao	93,223	S/o. 45,274
			Paita	38,835	18,380
			Salaverry	260,686	125,031
			Correos	5	20
Total:	392,749	S/o. 188,705		392,749	S/o. 188,705

Partida N° 757.- Tierras refractarias para industrias.

Unidad K. B. Derecho S/o.0.009

EE. UU.	119,278	S/o. 68,870	Callao	134,470	S/o. 65,099
Gran Bretaña	31,916	4,169	Mollendo	708	728
			Salaverry	10,868	6,625
			Talara	5,148	587
Total:	151,194	73,039		151,194	73,039

2º Semestre - Sección XI.

Partida N° 2128.- Arenas de cuarzo para filtración.
Unidad K. B. Derecho S/o.0.05

EE. UU.	48,520	S/o. 13,711	Callao	7,257	S/o. 14,895
Gran Bretaña	4,955	13,538	Salaverry	46,218	12,354
Total:	53,475	S/o. 27,249		53,475	S/o. 27,249

1947 (cont.)

2º Semestre - Sección XI. (cont.)

Partida N° 2140.- Tierra de infusorios (harina fósil), tripoli (tierra silicosa con infusorios) y otras tierras silicosas.

Unidad K. B. Derecho S/o.0.05

EE. UU.	338,435	S/o. 146,623	Callao	114,647	S/o. 45,515
			Eten	36,292	16,727
			Iquitos	5,938	4,306
			Pimentel	135,534	58,266
			Pisco	45,974	21,809
Total:	<u>338,435</u>	<u>S/o. 146,623</u>		<u>338,435</u>	<u>S/o. 146,623</u>

Partida N° 2161.- Tierras y arcillas refractarias.
Unidad K. B. Derecho S/o.0.01

EE. UU.	113,060	S/o. 44,992	Callao	41,409	S/o. 21,318
Gran Bretaña	25,560	3,549	Eten	20,390	1,582
			Pimentel	71,677	23,605
			Talara	5,144	2,036
Total:	<u>138,620</u>	<u>S/o. 48,541</u>		<u>138,620</u>	<u>S/o. 48,541</u>

Posición 299

Partida N° 2172.- Ladrillos refractarios.
Unidad K. B. Derecho S/o.0.01

EE. UU.	983,513	S/o. 324,895	Callao	631,207	S/o. 213,404
Gran Bretaña	97,803	22,804	Mollendo	52,760	15,279
			Pimentel	317,333	90,572
			Talara	80,018	28,444
Total:	<u>1'081,318</u>	<u>S/o. 347,699</u>		<u>1'081,318</u>	<u>S/o. 347,699</u>

1948

Posición 286

Partida N° 2128.- Arenas de cuarzo para filtración.
Unidad K. B. Derecho S/o.0.05

EE. UU.	8,978	S/o. 15,697	Callao	8,977	S/o. 15,689
			Aéreos	1	8
Total:	<u>8,978</u>	<u>S/o. 15,697</u>		<u>8,978</u>	<u>S/o. 15,697</u>

Posición 290

Partida N° 2140.- Tierra de infusorios (harina fósil), tripoli (tierra silicosa con infusorios) y otras tierras silicosas.

Unidad K. B. Derecho S/o.0.05

EE. UU.	713,486	S/o. 336,967	Callao	403,184	S/o. 196,165
Gran Bretaña	26	81	Iquitos	10,901	4,664
			Paíta	7,986	6,476
			Salaverry	291,363	129,673
			Aéreos	78	70
Total:	<u>713,512</u>	<u>S/o. 337,048</u>		<u>713,512</u>	<u>S/o. 337,048</u>

1 9 4 8 (cont.)

Partida N° 2161.- Tierras y arcillas refractarias.
Unidad K. B. Derecho S/o.0.01

EE. UU.	64,155	S/o. 52,704	Callao	19,293	S/o. 39,428
Gran Bretaña	13,204	3,203	Iquitos	2,892	686
			Mollendo	2,159	330
			Salaverry	41,669	12,415
			Talara	11,301	3,009
			Correos	15	39
Total:	77,359	S/o. 55,907		77,359	S/o. 55,907

Posición N° 299

Partida N° 2172.- Ladrillos refractarios.
Unidad K. B. Derecho S/o.0.01

EE. UU.	2'179,175	S/o. 1'059,184	Callao	1'759,263	S/o. 920,357
Gran Bretaña	54,552	13,003	Eten	6,604	1,405
Zona del Canal	14,525	7,800	Iquitos	48,851	16,442
			Mollendo	26,686	8,366
			Pimentel	240,275	92,960
			Salaverry	153,073	35,381
			Talara	13,500	5,076
Total:	2'248,252	S/o. 1'079,987		2'248,252	S/o. 1'079,987

N O T A

Las partidas tomadas de los anuarios correspondientes a los años comprendidos entre 1939 inclusive y 1948 inclusive, son todas relacionadas, directa o indirectamente, con la Tierra de Diatomeas, o con sus usos.

Se ha dejado de tomar los datos correspondientes a las partidas Nos.: 677.- Arenas silicosas; 678.- Arenilla para pulir mármol; 675.- Arcillas; 691.- Cemento blanco: el especial para estucados y el refractario; ^{700/} Esmeril en pasta o en polvo; 736.- Piedras para afilar; 737.- También piedras para afilar, y 760.- Tiza en polvo para usos industriales. (Entre estas partidas destacan por su volúmen las 675, 677 y 691). Dentro de estas partidas muy bien pueden estar consideradas importaciones de Tierra de Diatomeas, pero no se toman en cuenta porque: 1) son de menor importancia; 2) no se sabe qué porcentaje de ellas se refiere a la tierra de

que se está tratando; 3) bajo cada denominación ingresan al país muchos productos; 4) hay errores técnicos (por ejemplo, llamar tierra de infusorios a la de diatomeas y también seguramente a otros similares), etc.

CONCLUSION

A pesar de que estos cuadros son incompletos y de que no dan una idea tan clara como se quisiera, de las necesidades y del consumo nacional, servirán de índice o referencia para próximos cálculos y conclusiones.

Hay que hacer notar también que no existe ninguna estadística nacional sobre la explotación y uso de Tierra de Diatomeas proveniente de los muchos yacimientos que existen en nuestro país, pero que, por informaciones recibidas de personas conectadas a nuestra industria y comercio, se sabe que alcanzan apreciable volumen. Sin embargo no existe lo que podríamos llamar Industria de Diatomeas, pues la explotación se hace de una manera irregular, sin conocimiento de las impurezas o tipo de fósil del yacimiento y, lo que es también muy importante, sin tratamiento ni purificación algunos.

Es muy cierto además el hecho de que, con la implantación de una industria en el país, cualquiera que ella sea, se evita la fuga de divisas, se da trabajo a técnicos y obreros peruanos, movimiento a otros capitales nacionales de industrias que necesariamente se tendrían que relacionar con la nueva industria, y, ya hablando exclusivamente de esta última, se pondría un producto de muy buena calidad y bajo precio, para entrega inmediata a todo industrial pequeño o grande que lo requiera, sin necesidad de hacer pedidos muy grandes con pago obligatorio adelantado, ni de esperar que el pedido sea hecho, aceptado, embarcado y despachado por nuestras Aduanas, con el peligro real de que el producto sufra mermas y de-

teriores por el viaje desde el lejano país en el que es elaborado.

Si unimos todos estos factores, sólo una conclusión se puede sacar:

LA CONSTRUCCION DE UNA PLANTA DE CALCINACION Y PURIFICACION DE TIERRA DE DIATOMEAS VA A LLENAR UNA NECESIDAD DEL PAIS

VOLUMEN DE PRODUCCION

Este proyecto considera la construcción de una fábrica de calcinación y purificación de tierra de Diatomeas con un volumen de producción de 24 Ton. cortas por día, o sea 7,200 Ton. cortas por año (Ton. cortas son de 2,000 lb.) de T.D. calcinada y además 2400 ton cts de T.D. cruda.

Los factores que he tenido en cuenta para establecer esta producción han sido los siguientes:

1º- De los datos del Anuario, vistos en las hojas anteriores, se desprende que el consumo o, mejor dicho, importación, es solamente de 3 a 8 Ton. métricas brutas por día que vienen a ser 900 a 2,400 Ton. métricas brutas por año. La variación que se aprecia es debida en parte a la Segunda Guerra Mundial y en parte a que las partidas consideradas son muy vagas en su denominación y, por lo tanto, no pueden ser tomadas como cantidades exactas.

2º- Hay consumidores de tierra de Diatomeas en nuestro país, como la International Petroleum Company, de Talara, que tiene contratos de larga duración con importadores de EE. UU.

Estos dos factores son los que podríamos llamar negativos para nuestro proyecto, pero, afortunadamente, tenemos los siguientes factores que los contrarrestan con ventaja:

1º- Los datos del Anuario sólo indican la Tierra de Diatomeas importada, lo que, si bien es un índice del consumo nacional, no es el consumo mismo.

2º- El inconveniente del posible excedente de producción con respecto a nuestras actuales necesidades se puede eliminar de dos maneras:

a) imponiendo nuestro producto en el mercado nacional por mucho mejor precio que el extranjero y mejor calidad que la Tierra de Diatomeas nacional sin tratar;

b) exportación a los países vecinos sudamericanos, que también son importadores y entre los que con seguridad están, en orden de importancia (refiriéndose sólo a su calidad de consumidores), Chile, Argentina, Uruguay y Brasil. Esos países actualmente reciben su tierra de filtro de EE. UU. y Alemania y, considerando que nuestra Tierra de Diatomeas va a ser de excelente calidad, se puede competir con éxito con ellos por el menor costo de nuestro producto, menor costo que se debe a mano de obra más barata y distancias menores en el transporte.

3º- Los Hornos Rotatorios Continuos no admiten producciones pequeñas por no ser económico sostener un horno de esta clase con alimentación intermitente y con las consecuentes interrupciones diarias de su funcionamiento.

4º- En este proyecto es necesario un Transportador-Secador Neumático que, para su buen funcionamiento, tiene también que ser Continuo.

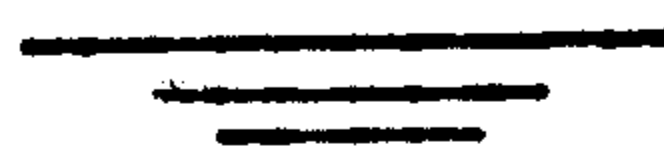
5º- El resto del equipo necesario en toda fábrica de Tierra de Diatomeas, tales como molinos de rodillos, ventiladores, camiones de transporte, transportadores en general, etc., sólo pueden encontrarse en el mercado para producciones en grande.

FIN DEL CAPITULO I

C A P I T U L O II

TIERRA DE DIATOMEAS - Ideas Generales

1.- Definición	14
2.- Origen	14
3.- Distinción entre la Tierra de Diatomeas y otras tierras	14
4.- Nombres Alternativos para la Tierra de Diatomeas	16
5.- Diatomeas Vivientes	17
6.- Diatomeas como fuente de petróleo	17
7.- Variedades de Diatomeas Fósiles	18
8.- Impurezas más importantes	20



CAPITULO II

TIERRA DE DIATOMEAS - Ideas generales.

Definición.- Geológicamente es una roca sedimentaria o exógena de las protógenas de carácter orgánico y de origen marino del tipo planktógeno formada por un conjunto de organismos sin movimiento propio que flota en la parte superior de los océanos. Los planktones son de dos tipos: vegetal o fitoplankton y animal o zooplankton; las diatomeas y los dinoflagelados corresponden al primer grupo; los protozoarios, medusas, gusanos, etc., al segundo. El plankton no sólo existe en la superficie del mar, sino que llega a vivir hasta en profundidades de 100 metros, disminuyendo en cantidad en forma proporcional.

En Mineralogía se le define, en su forma pura, como sílice hidratada amorfa.

Origen.- Hace algunos millones de años gran parte de las costas de nuestro Continente estaba bajo el nivel del mar. En estas aguas relativamente profundas y tranquilas grandes cantidades de microscópicas Diatomeas (plantas monocaparazonadas que tienen la característica de formar caparazones de sílice opalina) vivieron y murieron, acumulándose en el fondo de las bahías profundas y bien defendidas. Movimientos de tierra periódicos subsiguientes levantaron gradualmente el área cubierta por el mar a un nivel superior a éste. Conforme pasó el tiempo, estos depósitos estuvieron sometidos a continuos blanqueos y purificaciones. Es así como se ha formado la gran mayoría de los depósitos de Diatomeas de origen marino en todo el litoral americano.

Distinción entre las tierras de Diatomeas y otras tierras.- La Tierra de Diatomeas consiste en innumerables caparazones o esqueletos de Diatomaceae (Diatomeas), variedad de plankton vege-

tal, y que son plantas microscópicas íntimamente relacionadas desde el punto de vista biológico a las algas pardas.

En la época en que las Diatomaceae eran erróneamente consideradas como una variedad de Infusoria, los residuos de Diatomaceae eran incorrectamente llamados "tierra de infusorios". Esta denominación es todavía muy usada impropriamente, aún en nuestro Anuario de Aduanas, como sinónimo de la tierra de Diatomeas. De hecho, los infusorios son animales unicelulares y sus residuos nunca serán encontrados en la tierra de Diatomeas, mal llamada "tierra de infusorios."

La "tierra de batán" o "galactita" es otra tierra industrial, muy importante, que también es a menudo confundida con la de Diatomeas. Sin embargo las dos tierras son diferentes en origen, composición, densidad, usos y propiedades. La "tierra de batán" es de origen mineral, la Diatomea, de origen vegetal; la primera es sustancia arcillosa, la segunda es prácticamente sílice pura; la una es untuosa, grasosa al tacto, la otra es yesosa; en forma compacta la "tierra de batán" pesa más de 100 lb. por pie cúbico, la Diatomea de 15 a 40; la primera tiene suficiente poder de adsorción para ser usada como decolorante de aceites, la Diatomea, a menos que sea especialmente tratada, tiene poco poder de adsorción, y funciona en filtraciones como agente tamizador mecánico para separar la materia insoluble en suspensión.

Tampoco debe confundirse la tierra de Diatomeas con la "bentonita" o arcilla coloidal"; esta última es una arcilla de alto grado de pureza y plasticidad, y no tiene prácticamente ningún uso en común con la tierra de Diatomeas.

Hay también quienes confunden la piedra pómez, verdadera roca volcánica, con esta tierra. Ambas son bajas en densidad, porosas y silicosas, y son usadas en polvos de pulir de diferentes gra-

dos de poder abrasivo. A veces, la Tierra de Diatomeas no es diferenciada del tripoli, que es una piedra caliza silicosa descompuesta, llamada "piedra podrida". La tripolita, por otro lado, es el nombre de una tierra diatomea que antiguamente se encontraba en minas cerca a Trípoli.

Nombres alternativos para la Tierra de Diatomeas.- Se le ha asignado varios nombres según la localidad, el grado de pureza o la concepción popular de los usos de dicha tierra. Los nombres "bergmehl", "harina fósil", "Farine fossile" y "montaña de harina" son atribuibles al uso bastante corriente de la Tierra de Diatomeas, perfectamente blanca y fácilmente pulverizable, en la elaboración de harina para pan por ciertas empobrecidas y hambrientas agrupaciones de gente. En una región de gran producción la tierra blanca es conocida popularmente como "tierra yesosa"; sin embargo, ésto no es de extrañar, ya que aquellos que preparan los índices de las revistas técnicas tampoco se dan cuenta de lo inexacto que es clasificar artículos sobre diatomita bajo el rubro de "tierra de infusorios" o "infusorienerde". "Kieselguhr" es mucho más usado como nombre tanto en Alemania como en otros sitios. Otros nombres alemanes menos conocidos son "kieselmehl", "bergmehl" y "diatomeenpelite". Una tierra impura que se presenta en la costa de Dinamarca es llamada "molererde". "Diatomita", que originalmente fue sólo un nombre comercial, está generalizándose cada vez más.

La Tierra de Diatomeas es mejor conocida en los EE. UU. por diversos nombres comerciales, cada uno de los cuales representa el producto de un depósito particular y, por consiguiente, una calidad particular. Entre esos, los nombres más conocidos son: "Celite", "Diatomite", "Featherstone", "Filter-Cel", "Super-Cel" (tierra sometida a un procedimiento especial), "Tri-O-Lite" y "Sil-O-Cel".

Diatomeas Vivientes.- Aunque es planta de una sola célula, cada diatomea tiene dos partes. La reproducción es por subdivisión. Se ha calculado que una sola frústula se convertirá en un billón de diatomeas al cabo de un mes, si se considera que el tiempo para una sola subdivisión es de 24 horas.

Esta rápida proporción de propagación aparejada a la síntesis de las sustancias orgánicas en materias orgánicas alimenticias, en la clorofila de las plantas diminutas, explica la importancia de las diatomeas en la ecología de la Naturaleza. El Dr. Albert Mann, uno de los más grandes diatomistas de nuestros días, les llama "la hierba del mar", el alimento más importante de la vida acuática animal.

Hay diez mil variedades de diatomeas. De éstos, Wolle ha descrito 2,300 variedades que habían sido observadas en Norteamérica en 1894.

Algunos diatomeas viven en el agua fresca, otros, en la salada. Algunos permanecen inmóviles, como anclados. Otros de los así llamados tipo plankton flotan libremente. Algunos aparecen bajo el microscopio como esqueletos casi desnudos mientras que otros muestran una pronunciada cubierta gelatinosa. Casi todas las variedades se parecen en que segregan sílice y acumulan una gotita de aceite.

Diatomeas como fuente de petróleo.- Al destruirse las diatomeas, el aceite y la sílice quedan. Ocasionalmente las condiciones de desarrollo, viento o corriente favorecen el establecimiento de la sílice en grandes depósitos que están sólo ligeramente contaminados. Una concentración similar de aceite diatomeo, bien sea el aceite primario o el aceite formado por descomposición de la materia vegetal, es posiblemente el origen de gran parte de nuestro petróleo.

Ciertamente, tal desarrollo vegetal es suficiente en cantidad para producir enormes depósitos de aceite mediante una adecuada descomposición química. En las regiones antárticas, el mar está a menudo espeso por las Diatomaceae que contiene, las cuales también ^{10/} tienen, lo mismo que al hielo, de un color amarillo pronunciado.

Al discutir el origen del petróleo en la región productiva de Coalinga, California, Arnold y Anderson declaran que el aceite proviene de ciertos esquistos "compuestos principalmente de tegumentos o conchas de diatomeas y Foraminífera, y, en menor cantidad, de otros organismos y en cantidad tal como para garantizar completamente la asunción de que las materias vegetal y animal que ellos contenían cuando se depositaron era adecuada para proporcionar una cantidad de hidrocarburos y otros compuestos más que equivalen a la cantidad de petróleo encontrado en este campo." Cooper concluye que la vegetación terrestre o marina, más que la materia animal, es la principal fuente de petróleo.

Todavía más inequívoca es la evidencia de Kew. Aceptando la teoría del origen orgánico del petróleo, él dice: "Que el aceite en la región de Los Angeles-Ventura es extremadamente probable que se derive de los esquistos orgánicos del Eoceno y Mioceno.... Al momento de depositarse estas formaciones, en los mares pululaba un incontable número de diminutos organismos, los cuales al morir caían al fondo..... De estos organismos, los más numerosos eran los diatomeas.

Variedades de Diatomeas Fósiles.- De las diatomeas fósiles hay tantas variedades como de las vivientes de las cuales se derivan. Se clasifican de acuerdo a la presencia o ausencia de una línea intermedia que es común.

Una amplificación muestra las frústulas formando figuras de los más variados modelos, como bellísimo trabajo de encaje, formas de luna en cuarto creciente y, prácticamente, todas las figuras concebibles. Sobre los modelos circulares en forma de disco, la ornamentación es ocasionalmente más o menos radial. Los que tienen tipo de aguja son huecos y derechos, curvos o en forma de gancho en uno de sus extremos. Una variedad común de *Melosira* puede tener numerosas agregaciones de frústulas individuales que le dan la apariencia de una escalera.

La porosidad es común a todos los diatomeas fósiles. Su extensión se calcula por la cantidad de líquido que puede ser absorbida o por la proporción del verdadero peso específico de la sílice a la aparente densidad gravimétrica de la tierra. Los fósiles Lompoc son desusadamente grandes, siendo los discos de 50 a 90 μ . de diámetro. Ellos representan en consecuencia el único depósito de plankton marino (flotante) de diatomeas en EE. UU. Hay otros depósitos que consisten bien de diatomeas de tipo marino (del fondo) o bien de diatomeas de agua dulce.

Hay cierta duda respecto a la influencia que tienen en los usos industriales el que las diatomeas sean de agua dulce o salada, grandes o pequeñas. Un tipo adecuado para aislante de calor puede ser completamente inadecuado para filtración.

En general, el porcentaje de porosidad, la pequeñez de los poros individuales, el espesor de las paredes de las celdas y especialmente la naturaleza y proporción de las impurezas, son factores importantes para determinar la aplicación de la tierra de un determinado yacimiento.

Un ejemplo de la clasificación natural que sufren las diatomeas para separar las del fondo de las flotantes, según sus características más saltantes, lo da el Dr. Mann en su estudio so-

bre la formación del yacimiento de Lompoc, California, EE.UU., el más grande del mundo. De acuerdo con el Dr. Mann, estas diatomeas vinieron de las aguas frías de las regiones árticas y, mientras vivieron en la Era Miocénica, flotaron hacia el Sur y se desviaron por un dique natural hasta lo que ahora llamamos la región de Lompoc. Esta área era probablemente entonces una bahía con un cuello de botella en la entrada. Sus esqueletos cayeron al fondo de la bahía en tal cantidad que formaron los actuales grandes yacimientos de tierra de diatomeas. Hubo largos períodos de tiempo y muchas generaciones de diatomeas durante el mencionado viaje; se puede decir que hubo también constante eliminación de las incapaces: las más pesadas se hundieron. Las especies que después de tales clasificaciones llegaron al Lompoc, son las que presentan una superficie máxima de contacto con el agua y un mínimo de tendencia a precipitar; sus poros son numerosos, los esqueletos amplios y delgados o sino largos y angostos; las paredes son extremadamente ligeras pero fortalecidas por los esfuerzos internos que tuvieron que soportar. Esta estructura, muy semejante a la de los yacimientos existentes en nuestro litoral (especialmente los de Pisco), es justamente la más deseada en polvo de filtración.

En contraste, son fósiles del fondo los que componen los depósitos del otro tipo. Estas diatomeas son en general pequeñas, de paredes pesadas, sin poros grandes en la estructura interna.

En las mismas diatomeas flotantes hay diferencia según su uso; el tipo synedra (alargado) por ejemplo, filtra líquidos más rápido que las de forma redondeada (coscinodiscus).

Impurezas más importantes.- Darton dice que muchos depósitos de diatomeas contienen algo de fósil rizópoda o espículas esponjo-

sas, de forma alargada, restos de esponjas vivientes. Estas materias extrañas tienen propiedades tan parecidas a las de la tierra verdadera, que generalmente su presencia no va en detrimento de ella. Muchas otras impurezas sí son indeseables, destacando entre ellas la arcilla y, en menor grado, la arena, carbonatos de Ca. y Mg. y óxidos o carbonatos de Fe. Actualmente éstas son las impurezas más comunes en todos los yacimientos en explotación y su remoción o conversión química es el continuo problema de los investigadores de laboratorio.

FIN DEL CAPITULO II

C A P I T U L O III

TIERRAS DE DIATOMEAS EN EL MERCADO MUNDIAL

1.- Distribución de Depósitos en el mundo	22
a) EE. UU.	22
b) Canadá	23
c) México	23
d) Sud-América	23
e) Europa	23
f) Otras regiones del mundo.	24
2.- Consumo	24
3.- Calidad de la Tierra de Diatomeas	28
4.- Mercado	30
5.- Precio	30
6.- La Tierra de Diatomeas como Industria en el Perú.	31



CAPITULO III

TIERRA DE DIATOMEAS EN EL MERCADO MUNDIAL

Distribución de depósitos en el mundo.- Depósitos de T. D. de varios grados de pureza y diversos tamaños de partícula son encontrados ampliamente distribuidos en todo el mundo, pero no todos de una extensión suficiente como para justificar su explotación industrial. En seguida, se pasará a nombrar los más importantes solamente:

Estados Unidos de Norte América.- Varios de los depósitos más importantes se encuentran en este país; entre ellos destacan:

California.- El depósito más grande del mundo queda en Lompoc, Calif. Otro está situado en Palos Verdes Hills, cerca de Bradley y Monterrey, a lo largo del río Pit, habiendo otros situados en Orange, Sonoma, Siskiyou, Plumas y Stanislaus, regiones del mismo estado.

Oregon.- El más importante yacimiento de este estado es el de Terrabonne Deschutes County, que es del tipo de agua dulce.

Nevada.- Hay gran cantidad de depósitos, estando ya en explotación los de Basolt y Clark que son del tipo de agua dulce.

Washington.- El de más importancia es el que está situado cerca de Kittitas, también del tipo de agua dulce.

Idaho.- Tiene muchos yacimientos pero sin explotar; el más grande está situado a 58 millas al SO de Grandview (Owyhee); tipo agua dulce.

Maryland - Virginia.- Los yacimientos están situados a lo largo de los ríos Patuxent y Rappahanock, cuyas diatomeas son del tipo marino.

New Hampshire.- Los yacimientos son pequeños y numerosos y es-

tán situados al NE y SO del Lago Winnepesaukee; tipo marino.

New York.- Los principales son los de Adirondack (Herkimer C.); tipo marino.

Massachusetts.- Están situados al S de Boston, en el río Neponset.

Florida.- Los depósitos están al E de Pensacola; tipo marino.

Otros Estados.- Hay depósitos vírgenes en Utah, Arizona y New Mexico, y otros pequeños al O de Texas. Más pequeños aún existen en Maine, Vermont, New Jersey, South Carolina, Alabama y Georgia.

Canadá.- De las diatomeas del tipo de agua dulce existen yacimientos a lo largo de los ríos Fraser y Quesnel en la Columbia Británica. Hay otros de tipo marino en Nueva Escocia y más pequeños en Quebec y Ontario.

Mexico.- En Tlaxcala, Jalisco y Michoacán hay depósitos del tipo de agua dulce. Del tipo marino los hay en la Baja California, en las Islas Las Tres Marias y en Revillagigedo.

Sud-América

Brasil.- Hay yacimientos principalmente en los estados de Rio de Janeiro, Maranhao, Pernambuco, Rio Grande do Norte y Ceará.

Chile y Argentina.- En Chile hay yacimientos cerca de Valparaíso y en su región septentrional. En la Argentina existen algunos, pero sin desarrollar.

Europa

Dinamarca.- Tiene sus yacimientos en las Islas de Mors y Fur que son de la Edad Terciaria, pero muy arcillosos.

Alemania.- Los de Hannover fueron formados en el último período

inter-glacial; en cambio los de Vogelsburg son del basalto terciario.

Francia.- Tiene varios depósitos, generalmente del tipo de agua dulce como el del Departamento de Cantal.

Irlanda del Norte.- Tiene sus depósitos a lo largo del río Bann.

España y Portugal.- Estos países tienen sus yacimientos en las provincias de Abaceta, Castilla, Sevilla y Córdoba (España) y Santarem (Portugal).

Italia.- Santa Fiora, Bagnolo, Castel del Piano y Toscana poseen yacimientos de consideración.

Otros Países.- Suecia, Noruega, Finlandia, Yugoslavia, Rumania, Austria, Checoslovaquia y Hungría tienen pequeños depósitos. En reducida escala comercial han sido explotados recientemente en Inglaterra, Escocia y Suecia.

Otras Regiones del Mundo

U. R. S. S.- Grandes recursos en cantidad aunque no en calidad, sin explotar, como por ejemplo los existentes en el área de Leningrado.

Africa.- Hay depósitos grandes en Omán, Algeria. También se ha intentado explotaciones industriales en Kenya.

Japón.- Tiene diatomeas de origen marino en Islas Hokkaido. Hay yacimientos también de sedimentos cuaternarios de estratificaciones delgadas en varios sitios (por ejemplo Honshu).

Hay yacimientos conocidos también en Australia, Tasmania y Nueva Zelandia; y de baja calidad en Java, Turquía y China.

Consumo.- El principal consumo de T. D. ha sido abastecido ge-

neralmente por grandes compañías o trusts comerciales. Así, en EE. UU. la Celita Co. y la Johns-Manville Corp. iniciaron la industria y actualmente siguen suministrando el más grande tonelaje de consumo doméstico y exportación que hay en el mundo. La industria utiliza la tierra de diatomeas de estas compañías principalmente como medios filtrantes y como relleno. La Great Lakes Carbon Co. y la Eagle-Picher operan los depósitos del Oeste. Debido probablemente a la gran competencia que hacen estas compañías, la producción de Canadá ha bajado desde el año 1935.

En Alemania la Vereinigte Deutsche Kieselguhrwerke G.M.B.H., de Hamburgo es la compañía controladora del consumo. En Francia es la Societé de Silices Fossiles de France, en París, la que también controla las necesidades de Algeria en esta línea. En Dinamarca, lo son la Moler Products Ltd. y la Mors-Moler. En Rusia, el Gobierno. Otras compañías operan en Irlanda del Norte, España, Australia, Italia y Japón, principalmente.

En EE. UU. principalmente y, en general, en todos los otros mercados del mundo, el comercio ha exigido uniformidad de pureza y alta calidad del producto, excepto en los casos en que éste era para uso local o para construcciones, aislamiento, cerámica y concreto.

La producción en EE. UU. fue baja hasta 1915 cuando la compañía que explotaba el yacimiento de Lompocoinició la explotación en gran escala, descubriendo nuevos usos para esta tierra, principalmente en filtración, aislamiento para alta temperatura y como relleno. La producción ha crecido constantemente, exceptuando el periodo de depresión de 1930 a 1934 en que sufrió una caída momentánea pero considerable.

La Segunda Guerra Mundial vió grandes adelantos en los usos

de la T. D. Para filtración industrial creció en sus aplicaciones más de lo previamente establecido y se crearon importantes nuevos usos, entre éstos merecen figurar los siguientes: agua para usos militares, municipales e industriales, soluciones electro-plateadoras, separador de emulsiones de aceite, interruptor de la fermentación de la cerveza, pectina, productos alimenticios y biológicos, (particularmente penicilina y estreptomicina).

Como relleno tuvo mucha demanda en las industrias de pinturas (camouflage) papel, insecticidas, tratamiento de nitrato de NH_4 (para fertilizante), conductor de catalizadores, etc.

En construcción aumentó el tonelaje de T. D. que se usó principalmente para hacer mezclas a prueba de fuego y aisladores de varios tipos.

Las estadísticas de producción de diatomita han sido siempre incompletas y bastantes confusas. Sin embargo, a continuación va un cuadro con la producción de los EE. UU., principal productor y consumidor actual, desde 1921 a 1947.

PRODUCCION DE TIERRA DE DIATOMEAS EN ESTADOS UNIDOS

(Ton. cortas)

	<u>Tonelaje</u>	<u>Promedio anual</u>
1921-23	162,768	54,256 (a)
1924-26	219,331	73,110 "
1927-29	286,426	95,475 (b)
1930-32	248,273	82,758 "
1933-35	244,342	81,447 "
1936-38	279,645	93,215 "
1939-41	360,502	120,167 "
1942-44	524,872	173,957 "
1945-47	675,000	225,000 (c)

Datos obtenidos de: (a) The Mineral Industry - 1928.

(b) Mineral Yearbook - 1935 y 1946.

(c) Datos extraoficiales.

De los boletines del Instituto Imperial (Revista The Mineral Industry) se ha sacado los principales productores de T. D. en el mundo, que son en orden de importancia los siguientes: EE. UU., Alemania, Dinamarca, Rusia, Brasil, Algeria, Japón, Corea y Francia. De menor importancia son: Irlanda del Norte, España, Australia, Canadá, Italia y Hungría. Prácticamente, de muy poca importancia son: Noruega, Suecia, Chile, las Indias Holandesas, Mexico y Portugal.

El mismo boletín informa que los principales importadores actualmente son: el Reino Unido, Canadá, Francia, Noruega, Polonia, Cuba, PERU, Italia, Yugoslavia, Argentina y Java.

Las características más importantes de la producción de T. D. desde 1947 a la fecha son las siguientes:

- 1a.- EE. UU. se mantiene como líder de la producción.
- 2a.- Alemania va recuperándose rápidamente de la guerra y mejorando los procesos, pero con escasas existencias de reserva.
- 3a.- Las exportaciones danesas de diatomita sin ningún tratamiento (tal como sale de la cantera) para usarse en construcción, aumentan después de la guerra.
- 4a.- Rusia aumenta notablemente su producción.
- 5a.- Brasil usa fuertes tonelajes para construcción local, constituyéndose en un posible futuro exportador.
- 6a.- Japón se abasteció a sí mismo a pesar de la baja calidad de sus tierras.
- 7a.- Australia explota yacimientos chicos para ciertos usos; pero para filtración importa de los EE. UU.
- 8a.- Kenya, al comenzar a explotar sus grandes yacimientos, a-

menaza ser un factor importante en la industria.

9a.- Suecia y Finlandia producen en pequeña escala para cerámica y construcción.

10a.- Gran aceptación de los manufactureros de azúcar europeos de la diatomita como medio de filtración.

Calidad de la Tierra de Diatomeas.- En los párrafos anteriores se ha visto la gran cantidad de depósitos que hay en el mundo entero. Es lógico suponer entonces que para que una T. D. subsista como base de una industria, deba llenar ciertos requisitos, ya sea como tierra de cantera o como tierra tratada o refinada.

La T. D. de cantera debe especificar las siguientes propiedades:

1a.- Muy pocas impurezas (arena, ceniza, sílice cristalizada, materia orgánica, arcilla, Cal, sales solubles, etc.)

2a.- Estructura microscópica; tipos de diatomeas, sus formas, condiciones (enteros o rotos) y aun las proporciones en que las diversas formas de diatomeas se encuentran.

3a.- Presencia o ausencia de exceso de partículas finas.

4a.- Densidad aparente.

5a.- Propiedad de desmenuzarse.

6a.- Color.

La T. D. como producto terminado debe especificar las siguientes propiedades:

1a.- Estructura microscópica.

2a.- Densidad aparente.

- 3a.- Absorción con diferentes líquidos.
- 4a.- Composición química.
- 5a.- Gravedad específica.
- 6a.- Análisis de malla.
- 7a.- Tamaño de partícula.
- 8a.- Color.
- 9a.- Conductibilidad térmica.
- 10a.- Humedad libre.
- 11a.- Agua combinada.
- 12a.- Pruebas especiales, como eficiencia de filtración.

Las propiedades arriba mencionadas dan una idea completa al comprador que necesita la tierra para un uso determinado y sabe si le va a servir o no. Sin embargo, las especificaciones varían, según sus diversos usos en forma amplia: para T. D. barata, de la cantera misma, es decir sin tratamiento alguno, de fuentes cercanas, sólo importa la humedad y densidad relativas. Para filtraciones y para relleno, se necesitan análisis químico y tamaño de partícula. Para abrasivos, análisis de malla exacto y que no tenga nada de gravilla. Además, cada cliente da sus especificaciones especiales. Hay también especificaciones que dan los gobiernos, como en el caso de los EE. UU., para ingredientes de sustancias aislantes y para rellenos.

Algunos ejemplos de las propiedades que hay que especificar para algunos de los principales usos son:

- a) Tierras de Filtración.- Estructura microscópica y tamaño de

partícula, pureza química e inactividad, densidad aparente baja y que actúe como filtro.

b) Mezclas aisladoras.- Densidades aparentes como ladrillo y como polvo bajas, estructura microscópica, análisis de malla, conductibilidad térmica y humedad.

c) Relleno.- Pureza e inactividad química, estructura microscópica, tamaño de partícula, malla, que no tenga gravilla, color y capacidad absorbente.

Mercado.- Este es un factor muy importante; por ser la T. D. un material muy voluminoso y de empaçado delicado, la distancia de la planta refinadora al mercado consumidor puede ser decisiva para preferir una tierra de inferior calidad cercana, a la lejana. Generalmentela estructura de las diatomeas sufre durante el viaje, desmejorando la calidad del producto.

Precio.- De 1918 a 1930 el precio se mantuvo constante; el aumento de costos se cubrió con mayor producción. De 1930 a 1935 bajaron ligeramente los precios, debido a los efectos de la depresión. Desde 1935 los costos subieron, pero los precios se mantuvieron hasta 1946 con sólo un aumento de 20 a 40%.

En 1942-1944, el precio de la diatomita en bruto, puesta en depósito, se estimaba en 18.85 dólares americanos (promedio), equivalente a S/o.285.--. Molida o procesada, en planta de 15 a 60 dólares (de S/o.225 a 900).

En 1948, la Chem & Eng News daba 62 dólares (S/o.930) la tonelada de T. D. purificada para uso doméstico. Altos grados de purificación se cotizaban a 100 dólares y más. En cuanto a ladrillos, el precio era de 60 a 120 dólares el millar, puesto en puerto de embarque.

En 1951, la cotización que dieron los representantes de las principales casas exportadoras americanas, para una calidad promedio de T. D. purificada, fué de 120 dólares ton. corta, puesta en Nueva York o Los Angeles, para cantidades mayores de 30 ton. En pedidos menores, el precio aumentaba hasta un 66%; además, el pedido tenía que ser directo, es decir, el comprador asumir todas las responsabilidades del caso, pago adelantado con Carta de Crédito, demora subsiguiente para la llegada de la mercadería al Perú y en general, todas las dificultades conocidas inherentes a este sistema de compra. Al precio de 120 dólares, hay que recargarle un 20% por flete y gastos de Aduana, que da un precio final de 144 dólares, que al cambio son S/o.2,175.--/ton corta.

La Tierra de Diatomeas como Industria en el Perú.- Desafortunadamente, la industria de la T. D. en el Perú no existe. Los boletines de la Sociedad Nacional de Industrias así lo hacen constar, porque no mencionan ninguna fábrica o planta que se dedique a ella bajo ningún aspecto. Lo que sí, es sabido que algunos yacimientos son explotados en forma privada y en pequeña escala, para usos de la localidad donde están situados.

Han habido algunos intentos, sin embargo, de establecer esta industria. De conversaciones que he sostenido con personas relacionadas con esos intentos, he sacado algunas conclusiones del porqué de su fracaso:

- a) No hubo ningún estudio detenido sobre la T. D. Menos pudo haberlo sobre la instalación de una fábrica de T. D.
- b) Las personas que se dedicaron a estos intentos eran sólo comerciantes.
- c) Estas personas confiaron en técnicos, a veces extranjeros,

cuya especialidad no era precisamente T. D., su proceso, usos, etc. y con buena voluntad consiguieron una cualidad buena del producto, pero sin tener en cuenta las otras; en una palabra, el técnico no tuvo una idea completa del asunto que tenía entremanos.

d) Faltó previsión; las máquinas se iban comprando conforme se iban necesitando, sin ningún plan previo; las plantas refinadoras se construyeron cercanas a Lima, sin materia prima propia, poniéndose en manos de dueños de ésta y de las compañías de transporte.

e) Económicamentetampoco pudo haber previsión, si no se sabía cuánto se iba a necesitar; el capital inicial se acabó y se tuvo que recurrir a préstamos.

f) Por último, los procesos elegidos fueron para dar calidad pero olvidándose del aspecto económico del asunto; además, la maquinaria comprada no era adecuada para los procesos.

Sin embargo, no todo lo que pude obtener de estas conversaciones fué desfavorable:

a) La T. D. de nuestros yacimientos es de calidad muy buena.

b) Muestras enviadas a países vecinos consumidores han tenido muy buena acogida, pues respondieron con pedidos apreciables inmediatos, sin saber que la producción no pasaba de un ensayo.

c) Nuestros precios son mejores que los de la competencia americana y alemana.

d) Chile, Argentina, Ecuador y Uruguay, como se desprende de los párrafos b y c, serían consumidores y buen mercado para nuestra Tierra de Diatomeas.

C A P I T U L O IV

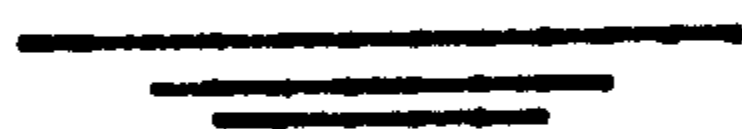
TIERRA DE DIATOMEAS: USOS

1.- Filtración en general	33
a) Aceites Vegetales	33
b) Manteca	34
c) Aceite de Linaza	34
d) Barniz	34
e) Emulsiones	35
f) Jugos de fruta	35
g) Otros.	36
2.- Aislamiento	36
a) Diversas Composiciones Termo-Aisladoras con T. D.	37
3.- T. D. como Ingrediente	40
a) Método de mezcla de T.D. con Cemento Portland	41
4.- T. D. como Absorbente	42
a) Explosivos de aire líquido	43
b) Combustibles solidificados	44
c) Desinfectantes, Fungicidas e Insecticidas	45
d) Extracción de aceite de azufre crudo	45
e) Composiciones de Azufre	46
f) Lana desengrasada	46
g) Absorción de ácidos	46
h) Absorción de fertilizantes líquidos	47
i) Relleno en los tanques de acetileno	47
5.- Usos Diversos	47
a) Composiciones de pulido	47
b) Construcción	48
c) Pinturas	49
d) Industria Eléctrica	49
e) Farmacia	49
f) Relleno	49
g) Fuente de sílice activada	50

h) Catálisis	50
i) Industria del Petróleo	50

TIERRA DE DIATOMEAS - USOS EN EL PERU

1.- Medio Filtrante de Tierra de Diatomeas	52
a) Propósito de la Tierra de Filtración*	52
b) Efecto de las Impurezas	53
c) Velocidad de caída, de filtrado y claridad de éste	55
d) Calcinación con agentes químicos	56
e) Filtros rígidos de Tierras de Diatomeas	57
f) Efectos de condiciones de filtración en la velocidad de filtración	57
2.- T. D. como Refinador de Azúcar	57
a) Método	57
b) Resultados de la Filtración con T. D.	62
c) T. D. Natural y Calcinada en Filtraciones de Azúcar	63



CAPITULO IV

TIERRA DE DIATOMEAS: USOS

1.-FILTRACION EN GENERAL

La tierra de Diatomeas se usa como tierra de filtro en la mayoría de las industrias más grandes. Las filtraciones no son sólo importantes en la industria azucarera, de la que nos ocuparemos más adelante, sino también en la manufactura y tratamiento de varios productos como aceites vegetales, barnices, aceite de linaza clarificado, emulsiones, etc.

El proceso en general es similar para todos: la T. D. se mezcla casi siempre en su totalidad con el líquido con suspensiones a filtrar, el que entonces se hace pasar por un filtro-prensa, con tela como soporte filtrador, generalmente también. Es una buena costumbre formar con una parte del polvo un pre-cake (humedeciéndolo con el líquido a filtrar); ésto tiene el fin de evitar que la tela se obture y también hacer que el filtrado salga claro casi instantáneamente.

Aceites Vegetales.- La filtración previa en estos aceites mejora notablemente las pérdidas de la refinación. Así, para un aceite con 3% de A. G. L., mejoró de 15% a 4%. También se usa la T. D. para la extracción del catalizador del Zn metálico, finamente dividido, usado en los aceites hidrogenados, que de otro modo pasarían en altos porcentajes, llegando a ser un tóxico para el organismo humano.

El aceite de maní se filtra con T. D. en la proporción de 0.25 lb. de T. D. por cada 100 lb. de aceite de maní, siempre que se use pre-revestimiento (pre-cake) en la tela de filtro. Después de la filtración, el cake es llevado a una prensa hidráulica donde se le rebaja el contenido de aceite a 5%. Luego, el aceite es neutralizado, se le quita el jabón formado en la

superficie, es secado y sometido a una segunda filtración con T. D., esta vez mezclada con un agente decolorante (tierra de Fuller o carbón de blanqueo activado).

Manteca.- La presencia de humedad y otras impurezas malogra este material, como también lo hace la formación de grasa de ciertos productos de oxidación, que la enrancian. Se comprobó que varias marcas conocidas tenían en su composición de 0.01 a 0.05% de sustancias solubles y que ésto era debido a la humedad o agua contenida por la grasa; estas sustancias eran de naturaleza pegajosa o gelatinosa y de un color marrón oscuro; las mismas mantecas, después de ser filtradas con T. D. natural dieron 0.001 a 0.002% de solubles.

El costo de esta filtración incluyó la instalación de un tanque con agitador y un filtro-prensa además de las pequeñas cantidades de T. D. usadas y no excedió de S/o.1.50 por 100 lb. de manteca, en una pequeña planta. A mayor producción, menor costo.

Aceite de Linaza.- Se filtra en caliente y al enfriarse las grasas cristalizan. El método actual consiste en enfriar y agregar 0.2% de T. D. antes del filtrado, dando un producto que permanece claro.

Barniz.- La T. D., en los nuevos métodos, retiene las gomas suspendidas y otros sólidos tan finamente divididos que anteriormente no se podían sacar ni por centrifugación. La bondad del producto obtenido justificó así la labor añadida, espacio ocupado, etc. por el equipo de filtración. Cuando se usó la T. D. calcinada en vez de la natural, se aumentaron las ventajas de facilidad de filtración y alta capacidad con mayor claridad en el filtrado.

La introducción de la T. D. calcinada ha dado pues amplios resultados: aumentó la capacidad de los filtros en 2 a 8 veces de la original; aumentó la longitud del ciclo de 4 hrs. a 2-3 días; evitó el uso de costosos papeles de filtro y hasta dicen los fabricantes que aumentó el lustre y brillo del barniz, debido a la más completa remoción de materia extraña. Además, hay ahora disminución en gastos de mano de obra y de presión en los filtros.

Todos los factores mencionados han corroborado pues al éxito de la implantación de la filtración con T. D. calcinada en las fábricas de barniz. El tanto por ciento que se usa de T.D. es de 0.3% por peso.

Emulsiones.- Al filtrar emulsiones de agua-aceite con T. D. ambos pasan a través del cake para en seguida gotear el aceite, separándose así del agua.

En la recuperación de los ácidos grasos, de las soluciones de jabón usadas en lavado, estas últimas se acidifican con H_2SO_4 y en seguida se filtran. La T. D. tiene el poder de que dichos ácidos grasos se separen rápidamente en el filtrado caliente.

En las emulsiones de petróleo-agua, la T. D. aumenta la velocidad de separación de estos productos, siendo un método comercial para romper este tipo de emulsiones.

Jugos de Frutas.- La filtración con T. D. no sólo mejora la apariencia sino que elimina microorganismos que de otro modo provocarían fermentación posterior.

En las fábricas de cerveza se filtra el licor cuando el contenido de alcohol se aproxima al permitido por la ley.

Otros.- Entre otras filtraciones, tenemos las de soluciones crudas de glicerina, pectina clarificada y burbujeante, ácido cítrico, agua potable (pero el método es muy costoso, aunque con la ventaja de remoción de bacterias) y entre otros en que se ha intentado, pero con poco éxito, tenemos la de la leche (separándole la mantequilla), en metalurgia, etc.

2.- AISLAMIENTO

El uso de la T. D. en aislamiento térmico es de gran importancia por la cantidad de calor economizada, debido a la baja conductibilidad térmica de este material que se traduce en economía de combustible; por ejemplo, en el aislamiento de un horno usado para templar fierro, de 90 ton., con una pared de ladrillos aisladores de 4 1/2" de espesor, redujo el consumo de combustible de 60 a 40 gal. por ton. de producto. Con una producción de 60 ton. al día, el combustible economizado llega a 1,200 gal., que en un año vienen a ser 360,000 gal, que al precio de S/o.0.40 el galón, son S/o.144,000 economizados en un año.

Los factores que afectan principalmente la pérdida de calor, son: el área de la pared, la diferencia de temperaturas, la conductibilidad térmica de la pared y el espesor de ésta. Sin embargo, a veces, hay otros factores de orden no técnico sino económico que fijan el tamaño y temperatura del horno, el espesor de la pared, etc. Además la temperatura atmosférica no es previsible. Otro factor que hay que tener en cuenta es el de que las pérdidas de calor en la pared del horno pasan por dos etapas claramente definidas: la transmisión a través de la pared hasta la superficie exterior y la entrega de este calor al aire que se lo lleva. Como ejemplo del valor económico de la construcción de una pared aislante, doy la siguien-

te: se necesita 3,560 ladrillos para 1,000 pies cuadrados de pared, de la clase corriente, puestos para dar 2 1/2" de espesor. A 1,800°F se ahorró 570,000 BTU/hr.

RELACION DE TEMPERATURAS Y PERDIDAS DE CALOR

Temperatura de horno ° F	Pérdida de calor BTU/pie ² x hr.		
	Aislado	No aislado	Diferencia
900	153	357	204
1,400	272	680	408
1,900	396	1,002	606
2,400	520	1,328	808

Diversas composiciones termo-aisladoras con T. D. El polvo de T. D. es usado a veces como aislador de calor, principalmente en la industria del hierro, donde es colocado en los hornos en espacios vacíos entre dos paredes (pared interior de refractarios y exterior de acero) con una densidad de 20 lb. por pie³, constituyendo así uno de los mejores termo-aisladores conocidos.

Se había calculado que en los hornos de la industria del hierro, había una pérdida de 10.1% de calor, o sea 34,400 BTU por minuto. El aislamiento mencionado evita el 75% de estas pérdidas.

Sin embargo, la T. D. en polvo es fácilmente llevada por el viento y por eso se prefieren los gránulos de malla 6, pero sólo por esa condición, pues los gránulos tienen mayor densidad y, por lo tanto, mayor conductibilidad térmica. Por esta misma razón hay preferencias entre gránulos naturales y calcinados, siendo siempre elegidos los de menor densidad aparente.

Los gránulos naturales o calcinados, pueden ser mezclados con suficiente cemento Portland para que mediante su unión molecular formen aislantes monolíticos. Un método (Krieger) consiste en mezclar gránulos de malla 4 calcinados previamente a

2,000 °F con 15 a 50% de Portland o yeso. Esta composición tiene mayor densidad y, así, un concreto con 20% de cemento aumenta 2.5 veces la densidad de los gránulos; a pesar de esto, es una composición muy usada en puertas de hornos ligeros y arcos de hornos o para rellenar espacios en los diversos equipos que trabajan con calor. La limitación en el uso de este agregado es la temperatura a la cual el cemento comienza a "encogerse", que es de 1,800°F.

Para aislar superficies se usa cemento plástico con T. D. que es muy resistente al encogimiento y sólo moderadamente a las altas temperaturas. Las sustancias que más comúnmente entran en este cemento plástico son: T. D. que da el poder aislante, un material fibroso, prefiriéndose asbesto por su resistencia a la temperatura, y un ligamento que no sea afectado por la humedad, usándose arcilla, cal, carbonato de Mg básico, vidrio soluble o cemento Portland.

Cuando esta sustancia plástica se va a poner sobre un ladrillo poroso, hay el peligro de que la pasta se seque antes del endurecimiento, lo que se previene con el uso de almidón y gelatinización con agua caliente o con la presencia de un álcali en frío.

Una buena composición es la que da Teitsworth, con 67% de T. D., 10% de asbesto, 20% de Portland y 3% de goma karaya (hace el trabajo del almidón).

Para usarse en bloques, placas o cubiertas de cañerías, las mezclas se humedecen hasta formar una pasta lodosa, se les da forma y se les hace secar, quedando listas para su uso. Una composición-tipo para este uso es la siguiente: carbonato de Mg hidratado básico, 15 a 25%; T. D., 60 a 70%; fibra de asbesto 15%.

La fuerza que mantiene unidas estas mezclas se debe a la fijación de las partículas del carbonato y a la combinación del hidróxido de Mg con la sílice finamente dividida para dar silicato de Mg.

Los bloques a base de estas mezclas son superiores a los conocidos con el nombre de "85% Magnesia", pues estos últimos consisten principalmente en carbonato de Mg, sustancia que a 700°F comienza a sufrir encogimiento; los bloques a base de T. D. resisten bien hasta 1,200°F. Sin embargo, por su menor densidad el 85% Magnesia tiene menor conductibilidad térmica pero sólo hasta la temperatura mencionada en que inicia su encogimiento.

Para mayores temperaturas que 1,200°F se ha encontrado una mezcla aislante de CaO y asbesto, siempre a base de T. D., que por no tener carbonato de Mg evitaba el encogimiento. El plastificador o unidor de esta mezcla la da el CaO que, al combinarse con la sílice da silicato de CaO hidratado en la presencia de la fibra de asbesto. Esta composición se puede usar en forma de pasta húmeda, pero su mayor uso lo ha encontrado en los bloques y cubiertas para cañerías conocidos en el comercio con el nombre de "Nonpareil" para alta presión. Los porcentajes aproximadamente son de 65% para la T. D., 30% para el CaO y 5% de asbesto, con agua suficiente para dar una sustancia plástica pero no lodosa. Se precisa para su fabricación una autoclave que por 8 horas someterá a la mezcla a una presión de 125 lb formándose allí el silicato de calcio; lo único que resta es secar y cortar en las dimensiones requeridas.

Por último, la T. D. ha encontrado uso como aislador de sonido, pero, en realidad, sólo como una subpropiedad en sus grandes aplicaciones como termo-aislador.

3.-T. D. COMO INGREDIENTE

Este uso de la T. D. está llamado, en un futuro cercano, a proporcionar uno de los más grandes mercados de dicho producto. El yeso y el cemento Portland, al recibir T. D. como ingrediente, incrementan sus cualidades. En el yeso produce un notable aumento en su poder cubriente y en el cemento corrige cierta tendencia de cambio de volumen, aumenta su permeabilidad y su resistencia a la tensión; mejora así su capacidad de trabajo y evita la tendencia del concreto de segregar agua en la fragua.

El porcentaje usado corrientemente es pequeño, variando de 2 a 5% por peso de polvo finamente dividido. La mezcla así obtenida entra en el concreto con las proporciones usuales para el cemento solo.

Los motivos a que se debe esta mejor calidad del cemento son:

- 1) extiende la escala de tamaños de partícula, pues la T. D. llega a pasar la malla 1,000;
- 2) lubrica las partículas de concreto al formar con el agua una pasta aceitosa;
- 3) la sílice activa reacciona con la cal libre que hay en el cemento para dar una superficie más o menos gelatinosa.

Varios investigadores han hecho trabajos comprobando lo anteriormente expuesto, y entre ellos destacan:

Con un 2 o 3% de T. D. Edelman y Wallin, encontraron un aumento de 25% en tensión y un 15% a la compresión.

La T. D. al lubricar las partículas de concreto lo hace más trabajable, lo que llegaron a comprobar Pearson y Hitchcock por medio de un aparato simple que consiste esencialmente en

la introducción de una varilla de acero en distintas calidades de concreto por medio de golpes de martillo, el menor número de los cuales significa lógicamente, que el concreto es más trabajable (la profundidad a que se ha de introducir la varilla es igual para todos). Así, el efecto de T. D. 1.7% hizo el concreto tan trabajable como 5% de cal o 4% de caolin. 5% de T. D. dió a un concreto 103:6 casi la misma trabajabilidad de 1:2:4.

La T. D. también aumenta la consistencia de los concretos, lo que se comprueba fácilmente por conos húmedos, pues los que tienen este ingrediente forman dicha figura geométrica perfectamente, mientras que sin ingrediente, el concreto se expande o desmorona; esto es debido al gran poder absorbente de la T.D. que le da plasticidad.

Metodo de mezcla de T. D. con Cemento Portland.- Se recomienda para mejores resultados que el molido sea conjunto, pues ésto ofrece adecuada superficie de contacto entre las dos fases (T. D. con la cal del cemento), de tal modo que la reacción sea completa en el momento de la mezcla con agua. La dificultad está en que la T. D. es fácilmente desmenuzable y es polvo impalpable mucho antes que las duras partículas del cemento. En experiencias hechas al respecto, se ha encontrado que cuando la T. D. y el cemento se muelen separadamente, no hay prácticamente ningún incremento en los esfuerzos de rotura del concreto formado (385 lb.) y en cambio cuando se muelen juntos llega a un aumento de cerca del 30% (505 lb. después de 90 días, en proporción de 5 a 6 de cemento).

El efecto que la T. D. tiene sobre el concreto se debe especialmente a su porosidad y tipo de los fósiles microscópicos de las Diatomeas, lo que ha sido comprobado por ensayos hechos con otros ingredientes silicosos que no han dado mayor resultado.

También es usual el ingrediente para concreto formado por cal y T. D. en proporciones iguales y cloruro de calcio (igual %), siendo el porcentaje con respecto a éste de 5 a 10.

En el yeso, al aumentar el poder cubriente, y al hacer la superficie más pulida produce un consecuente aumento del poder termo-aislante; el porcentaje usual es 5%. También la dureza de la superficie es aumentada al aumentar su pulidez, siendo la teoría que lo explica, la de que los cristales en el yeso, formados durante la fragua, se alojan en los poros de los fósiles.

El uso de la T. D. en el yeso al sustituir en parte a la arena o al yeso mismo, da un yeso de notable menor fuerza de tensión pero, en cambio, lo hace menos denso, más pulido y, por su bajo peso, un adecuado aislador térmico y también del sonido. El uso de la T. D. en el yeso, pues, es de amplios campos de acción, variando las proporciones de T. D., las cuales pueden llegar hasta de 10 x 3 lb. de yeso, siendo la T. D. granulada por calcinación a malla 4.

4.-T. D. COMO ABSORBENTE

El uso de la T. D. como absorbente de nitroglicerina para dar dinamita fué su primer y más importante uso. Su poder absorbente está basado en su porosidad, propiedad física explicada en el Capítulo III.

La nitroglicerina, poderoso explosivo líquido, sólo pudo llegar a usarse en forma común cuando Nobel la solidificó mediante su absorción por T. D. Nobel incorporó 3.5 lb. de nitroglicerina en 1 lb. de T. D., dando como resultado una pasta que no dejaba que la nitroglicerina goteara, haciendo seguros su transporte, manejo y usos.

Nobel sabía que el decrecimiento de la potencia explosiva de su dinamita era debido a la sustitución de una parte de la nitroglicerina por kieselguhr. Ha sido pues una consecuencia lógica que la T. D. haya sido sustituida ahora por absorbentes o agentes solidificantes, que de por sí son activos en la explosión. Un absorbente muy usado es una mezcla explosiva de aserrín y nitrato de Na; como agente solidificante se usa la nitrocelulosa que puede ser dispersada o disuelta en la nitroglicerina para dar gelatina explosiva.

Explosivos de aire líquido.- Estos explosivos, si alguna vez se usaran en proporciones grandes, requerirían considerable tonelaje de T. D.

Para producir tales explosivos la tierra absorbente es humedecida con aceite combustible y después saturada con aire u oxígeno líquido. Un ejemplo es el "Oxyliquit" para el que Seider da la siguiente composición:

Oxígeno líquido	50%	por	peso
T. D.	30%	"	"
Petróleo	20%	"	"

Rice, del Bureau de Minas de los Estados Unidos, encuentra que la fuerza de los explosivos de oxígeno líquido es de 4 a 12% mayor que la dinamita corriente de 40% de nitroglicerina, medida por la deflexión del péndulo de balística. Las tres muestras de explosivo de oxígeno líquido probadas por Rice contenían T.D. como absorbente. Sus composiciones son las siguientes:

	Muestra A(gr)	Muestra B(gr)	Muestra C(gr)
Aceite	31.1	11.3	10.1
T. D.	46.7	60.9	54.2
Pulpa de madera	--.-	--.-	38.9
Cheesecloth	5.0	6.0	5.7
Aislador corrugado	38.5	60.0	58.0
Oxígeno líquido	161.1	184.0	149.1
Total:	282.4	346.0	316.0

Las cargas de deflexión por unidad, requeridas en la prueba del péndulo de balística, fueron de 200, 217 y 211 gr. para las muestras A, B y C, respectivamente, y 227 gr para la carga de dinamita de 40% de nitroglicerina.

Combustibles solidificados.- La absorción de combustible líquido por la T. D. tiene variada aplicación, desde candelabros y antorchas hasta mechas para lámparas; la fabricación es a base de Kieselguhr mediante su mezcla con arcilla y asbesto, mezcla que es sometida al fuego e introducida en el combustible que se quiere absorber (kerosene, alcohol, etc.).

La solidificación del alcohol por T. D. es una demostración interesante de la gran porosidad de la tierra, siendo muy grande la cantidad que pueda ser absorbida. Así, 100 c.c. de la pasta húmeda, puede hacerse que contenga 86.4 c.c. de alcohol sin llegar a ser tan fluida que permita que el alcohol gotee de la pasta cuando el recipiente es invertido, ya sea mientras está frío o cuando el alcohol está quemando y la composición, por lo tanto, caliente. Para hacer este alcohol sólido se mezcla, por ejemplo, 30 gramos de T. D., de la calidad conocida por Filter-O-Cel, con 86.4 c.c. de alcohol. Aunque la T. D. cuando está seca, es muy voluminosa, el volumen neto, real, de 30 gramos sílice que compone los esqueletos, es 30 dividido entre 2.2 (la gravedad específica aproximada de tal sílice) o 13.6 c.c.

El alcohol así absorbido en T. D. se conoce en Alemania con el nombre comercial de "Lithosprit"; y en los EE. UU. el alcohol solidificado o "calor en conserva", ahora se hace preferentemente por enfriamiento a gel de una solución caliente de jabón en alcohol o también, por precipitación de piroxilina en una solución alcohólica diluida.

Desinfectantes, Fungicidas e Insecticidas.- Varios fungicidas de producción ya comercial (como para el tratamiento de semillas antes de sembrarse) contienen mucho de T. D. con sólo un poco, a veces 1% de verdaderos fungicidas. El ingrediente activo es frecuentemente un derivado mercurioso de un fenol sustituido y es un sólido. Tales derivados mercuriosos son muy caros. La T. D. no es usada realmente como absorbente sino sólo como un diluyente para disminuir el costo y aumentar la conveniencia de su uso. Estas mezclas se recomiendan para el tratamiento de semillas, tales como las semillas de trigo y maíz infectadas, para matar los fungi, que de otra manera aparecerían en el sembrío.

Extracción de aceite de azufre crudo.- Es sabido que de 0.1 a 0.2% de petróleo malogra el quemado de azufre en condiciones de destilación. Conforme el quemado progresa forma una sustancia parecida a asfalto, que excluye el aire de la superficie del azufre y extingue la llama a menos que el film sea continuamente roto en un quemador rotativo.

Davis y Calvert, independientemente, encontraron la utilidad de la T. D. como acelerador de combustión y se encontró que bastaba un 0.2% de esta tierra por peso de azufre para eliminar la formación del film, siempre que la T. D. esté finalmente pulverizada (se prefirió el uso de la tierra calcinada para mejor incorporación en el azufre fundido).

Esta propiedad de la T. D. se debe: primero, a que absorbe el petróleo; luego, a que forma una capa porosa a través de la cual el aire entra en contacto con el azufre fundido; y por último, por ser aislante, mantiene una alta temperatura y evita un excesivo enfriamiento del azufre que de por sí es de quemado lento.

Estos resultados justifican la incorporación de una pequeña cantidad de T. D. en polvo en los azufres que contienen petróleo siempre que ellos vayan a ser quemados sin agitación en la superficie.

Composiciones de Azufre.- Así como la T. D. absorbe las impurezas del azufre fundido, hay también procesos para absorber grandes cantidades de azufre líquido en kieselguhr, y Kobbe ha encontrado su uso para bateas, lavaderos, tanques para ácidos, termo o eléctrico aislamiento.

Tatham hace otro electro aislador, mezclando 80 partes por peso de S fundido en 18 partes de T. D. y luego añade 1 1/2 a 3 de un hidrocarburo líquido de una grav. esp. de 0.9 o mayor. El inventor obtiene un mejor producto debido a las sustancias parecidas al asfalto que se forman, como ya se ha visto, por la reacción del azufre con los aceites combustibles a grandes t. Este uso aun no está muy extendido.

Lana desengrasada.- El método en que entra la T. D. excluye el uso de otras sustancias químicas, y consiste en mezclar las fibras con T. D. seca y pulverizada, con agitación y t. ligeramente superior al punto de fusión de la grasa a extraer, y posterior lavado con agua en una zaranda.

De igual modo, la T. D. se usa para limpiar ropa, por simple frotamiento de la mancha de grasa para en seguida escobillar.

Absorción de ácidos.- En el empaqueo para largos viajes de recipientes de vidrio que contengan ácidos, principalmente, u otras sustancias dañinas, la T. D. se usa con mucho éxito para rellenar los espacios libres en dicho empaqueo, y, así, en casos de rotura el ácido no se extiende, pues es absorbido por la tierra de empaque.

También hay un pequeño interés en el transporte de ácidos en forma de pasta, habiendo ya patentes al respecto pero teniendo la dificultad de necesitar equipos, tanto para la absorción como para la recuperación del ácido en el lugar de consumo.

Absorción de fertilizantes líquidos.- Algo se ha investigado, sobre la absorción de los licores de sulfito de relave, de las plantas de papel, en T. D. para dar un fertilizante en forma de polvo, listo para el uso en los campos. El método consiste en concentrar el licor de sulfito por evaporación y entonces mezclarlo con una cantidad aproximada en peso de T. D. Se requiere también que esta T. D. tenga sílice soluble y contenido de bacterias, casi tanto como potasio y otras sales presentes.

Relleno en los tanques de acetileno.- En los cilindros de gas acetileno, la acetona es usada como solvente y para evitar que se pierda el líquido en caso de rotura del cilindro, esta solución es absorbida en una masa sólida y porosa que generalmente está constituida por T. D., charcoal, un material fibroso, (asbesto) y un agente cohesivo, cemento Portland.

5.-USOS DIVERSOS

Composiciones de pulido.- Algunas de las mejores composiciones conocidas en el mercado mundial para pulir metales, vidrio o mármol, contienen T. D. finamente pulverizada. Para su uso como abrasivo, lo único que requiere es la formación de una pasta (agua y jabón es lo único que se necesita) para que sirva como un excelente pulidor. Un método consistiría en agregar 4 lb. de T. D. a una solución hirviente de 1 lb. de jabón/gal de agua que enfría en forma de gel.

Un dato interesante es que la T. D. que se requiere sea de las más finas (bag house) obtenida de la primera molienda. Lo que se persigue es que pase la malla requerida, que es la 300 sin moliendas sucesivas que romperían las superficies cortantes de las partículas abrasivas.

El conductor preferido para la T. D., a pesar de que el más barato es el jabón, es el de tipo aceitoso liviano. También la estructura de las partículas tiene que ser considerada: se prefieren las diatomeas más fuertes, para que el pulido sea más rápido, pues, por más fuertes y duras que sean, no llegan a arañar el metal, lo que sí hace la gravilla.

Los pulidores de T. D. no se hacen líquidos, porque tienden a precipitar con el tiempo, formando cakes en el fondo de los recipientes, que difícilmente se desintegran.

El uso de estos pulidores se extiende a artículos de plata, instrumentos quirúrgicos, automóviles, muebles, pastas y polvos dentales (con T. D. de la mejor calidad), para las uñas (en forma de cubitos), vidrios en general, etc.

Como ejemplo de mezclas comerciales, van las siguientes:

Pasta para pulir metales: T. D. 14.5%, colorante 35%, aceite de palma 43%, jabón de castilla 6%, ácido oxálico (polvo) 1.5%

Líquido p. pulir metales: T. D. fino 4 lb., jabón 1 onza, alcohol de madera 1/2 pinta, parafina 1 gal; el mejor resultado se obtiene cuando todos los sólidos se muelen juntos.

Construcción. - Debido a su gran poder de absorción, su bajo peso específico, costo moderado y gran poder aislador, su uso en composiciones para techado, pavimentación y construcción en general es lógico. Se le usa combinado con asfalto, resinas, brea y materiales similares. Para evitar que el compues-

to se torne quebradizo, hay siempre que considerar la presencia de sustancias, o bien fibrosas o bien gleeaginosas.

Para cubiertas de techo, que son a prueba de agua y fuego, se usa la siguiente composición: T. D. y yeso mate mezclados con aceite de linaza hervido, aplicados entre dos capas de cera.

-Pinturas.- Debido a la poca diferencia que hay entre su índice de refracción y el del aceite de linaza, no interviene prácticamente en la coloración, propiedad que se aprovecha para usarlo con el fin de retardar la deposición de los pigmentos, lo que mejora notablemente la calidad de la pintura que lleve T.D. Para saber el porcentaje en que interviene la T. D. se debe determinar por experimentación para cada caso particular, usándose eso si sólo tierra natural o tratada químicamente, pero nunca tierra calcinada.

En pinturas de agua sí se puede usar como pigmento, dando mejor resultado la calcinada, pero en presencia de CINA. Se usa también en pinturas al fuego, en una proporción recomendable de 4 a 6 partes de T. D. por 1 de Portland.

Industria Eléctrica.- Tiene diversos usos:

- a) Absorbente en las celdas secas.
- b) Como electro-aislador, mezclado con S en presencia de un hidrocarburo o mezclado con parafina.

Farmacía.- Absorbe desinfectantes y otros líquidos; también para filtrados prácticamente estériles; como conductor de extracto de vitaminas y en el proceso Grüne de extracción de caseína de la leche por filtración en presencia de taninos.

Relleno.- Este uso es inherente de su baja densidad, inactivi-

dad ante los agentes químicos o físicos, malla fina, porosidad, color ligero y uniformidad.

Sin embargo, no es el único fin de la T. D. completar el peso y bajar así el precio unitario del producto, sino que en cada caso mejora determinadas propiedades del producto, como en el caso de los discos fonográficos en que mejora la dureza.

Fuente de sílice activada.- Se ha intentado usar muchas veces la T. D. con este fin, habiéndose obtenido buen éxito, pues ya se ha visto que las soluciones de hidróxidos de álcalis o aun la lechada de cal, reaccionan rápidamente con la tierra para dar silicatos; la reacción es mejor cuando la suspensión acuosa se calienta o la mezcla es fundida. Así, se han usado silicatos de Na, obtenidos de ese modo para hacer Azul de Ultramar, vidriado para cerámica o vidrio soluble.

El principal factor para el industrial, aparte de la pequeña ganancia en calidad, que pueda obtener con el uso de la T.D. para escoger entre ésta y la arena molida como materia prima, es que la segunda es más barata que la primera, pese a que, como ya he dicho, con la primera se obtiene mejor calidad.

Catálisis.- La neutralidad, insolubilidad e inercia de la T.D., así como su densidad y consiguiente baja velocidad de precipitación, hacen de esta tierra un buen conductor de catalizador.

El catalizador se le incorpora de dos modos: como polvo seco o bien por precipitación de aquel en sus poros. Por ejemplo, el hidróxido de Ni, se prepara impregnando la T. D. con una solución de sulfato de Ni, para de allí precipitar el hidróxido con un álcali. Este producto, listo para el mercado, contiene 30% de Ni metálico. La T. D. como conductor se usa en polvo para líquidos y granular o calcinada para gases.

Industria del Petróleo.- Es una cosa conocida la relación existente entre los estratos de diatomeas y la existencia de petróleo, por tener ambos igual edad geológica. Sin embargo, son necesarias otras condiciones, como la impermeabilidad de la cama donde se depositen los hidrocarburos, condición que en el caso del yacimiento de Pisco no se cumplió; como lo explico en el capítulo respectivo.

En la industria, propiamente hablando, se usa mucho la T.D. como termo-aislador, para separar emulsiones de agua y petróleo (por filtración), la recuperación de aceites lubricantes usados, en la extracción de gases de los aceites lubricantes, etc.

CAPITULO IV

TIERRA DE DIATOMEAS - USOS EN EL PERU

El Perú es un país del tipo agrícola, riqueza de la que destacan nítidamente, por los ingresos que representan, el algodón y el azúcar. No hay duda pues, que el principal uso de la T. D. en el Perú es como Medio Filtrante para Refinación de Azúcar.

El uso de la T. D. como medio filtrante o ayuda para filtración fué descrita por Slaber, ya en 1876, habiéndose extendido su uso a otras industrias como la del Petróleo (otra de nuestras riquezas), barnices, fermentación de alcoholes y jugos de frutas; sirviendo siempre para refinar los productos en cuya filtración interviene.

Primero se considerarán los factores que afectan la filtración con T. D., para luego pasar a filtración como parte de la Refinación del azúcar.

MEDIO FILTRANTE DE TIERRA DE DIATOMEAS

Propósito de la Tierra de Filtración.- La T. de F., o Filteraid, se usa para mejorar la vel. de filtración o la claridad del filtrado o ambos. Para conseguirlo, se acostumbra a agregar la tierra directamente al líquido a ser filtrado. La mezcla es entonces bombeada a un filtro-prensa, usualmente.

El efecto del f-a de aumentar la vel de flujo a través de la prensa, es especialmente notorio cuando el material insoluble, presente en el licor a ser filtrado, es tanfangoso o gelatinoso por si mismo y rápidamente cierra los poros de la tela de filtro. En ese caso, el f-a diluye el fango y forma una cama porosa y gruesa; la tela viene a ser sólo el soporte para la cama de T. D. que es el verdadero filtro. También, la T.D. agregada y el fango, originalmente presente en el licor, forman una masa integral sobre la tierra. Construye constantemente u-

na superficie de filtro fresca. Consecuentemente, no hay barro en la superficie. Lo único que baja la vel. es el crecimiento del grueso del cake de filtro con el tiempo de filtrado.

En segundo lugar, el uso de T. D. en polvo es necesario en algunos filtrados para asegurar la claridad de éstos. Así, el filtrado de soluciones de azúcar, a través de tela sola, da no sólo filtración lenta (después de los primeros minutos) sino un filtrado turbio. Ahora bien, el propósito de filtrado es clarificación. La tela de filtro sola o el cake de barro únicamente son insuficientes como medios filtrantes, tanto en refinación de azúcar como en muchas otras industrias.

Finalmente, la remoción de bacterias y enzimas es, a veces, efectuada por filtración con T. D. Los licores casi listos para inmediatamente la fermentación, cuando el contenido de alcohol se acerca al permitido por la ley, agregando T. D. al licor y filtrando. Calvert y Knight encontraron que los jugos de azúcar filtrados con T.D. y después guardados en tubos de fermentación, no desarrollan gas tan rápidamente como el jugo no filtrado. Owen encontró que este filtrado extrae el 99% de las bacterias.

Es obvio, pues, que la T. D., como f-a, sirve en 2 o 3 sentidos. Se deduce, por lo tanto, que su uso como f-a, no está justificado a menos que el fabricante desee mejorar la vel. de filtrado, líquido clarificado y esterilización de sus filtrados.

Efecto de las Impurezas.- Las diversas clases o especies de diatomeas de la que esta tierra está formada son de no menor importancia en un f-a que la cantidad de impurezas presentes. Los mejores fósiles, si es que están contaminados, pierden su valor en filtración y hay fósiles de calidad mediana que pueden ser adecuados para el comercio o para la industria por ausencia de impurezas.

Las impurezas más usuales en la T. D. son: materia orgánica, sales solubles, carbonatos de calcio y magnesio, compuestos de fierro, arena y arcilla, siendo la última la más abundante y, por lo tanto, la más importante.

Materia orgánica.- La materia orgánica se suprime por calcinación, siendo aconsejable hacerlo, industrialmente, sólo cuando es abundante. Buenos grados de pureza de T. D. tienen de 0.5 a 1% de materia orgánica, siendo la mayor parte de ella cera (grasa), porcentaje que no se objeta en vista de su insolubilidad y además el % de T. D. misma que se usa en filtración es pequeño.

Fierro.- Calculado como Fe_2O_3 no debe exceder del 1%. El método de eliminación de esta impureza por ataque con ácidos, no es industrialmente aplicable como tampoco lo son los mencionados anteriormente por motivos económicos.

Sales solubles.- Las sales solubles que algunas tierras contienen hasta en un 10% contaminan el filtrado al disolverse en éste; pero, hay casos en que pueden ser toleradas, cuando lo que importa es el cake de filtro. Sin embargo, éstos no son los casos corrientes, pues, lo normal es que el filtrado bueno sea el principal objetivo de los industriales.

Carbonatos de Ca y Mg.- Las Tierras diatomeas contaminadas con estos carbonatos no sirven para filtrar licores ácidos como, por ejemplo, jugo de limón; pero, para PH neutro o licores en que no se disuelvan, su presencia no es peligrosa. Además, es bueno recordar que los carbonatos mismos han sido usados como filter-aid, en forma de precipitado muy fino.

× Arena.- La arena es indeseable por su carácter inerte, lo que baja la cantidad o rendimiento de f-a activo y también erosiona las bombas y partes móviles de los aparatos del sistema de

filtración. En los mejores grados de pureza no pasa del 1%, pero normalmente llega del 5 al 10%.

Arcilla.- Es la más indeseable de todas las impurezas de un f-a, debido principalmente a su gran viscosidad que le da un aspecto de lodo, a tal punto que a veces es peor que las impurezas del licor que el f-a va a extraer. Por lo tanto, una T. D. de bajo contenido de arcilla (6% o menos) es preferible para filtración. Hay dos métodos para eliminar esta impureza, que se han usado hasta en las mejores tierras que hay en el mercado actualmente: por precipitación en agua y por descomposición de la arcilla por calcinación.

El método de separación de la arcilla de las tierras de diatomeas por precipitación en agua separa a la tierra de la arena por el mayor diámetro y más rápida caída de las partículas de esta última en una suspensión de agua, y por menor diámetro y menor velocidad de caída de la arcilla. Esta clasificación o separación puede servir también para separar en forma rudimentaria las variedades de fósiles mismas. Así, los fósiles del fondo y los planktones se depositan a velocidades distintas; aun los mismos planktones pueden caer a distintas velocidades, clasificándose así debido a sus diversos tamaños y formas, siguiendo una ley que da la fórmula de Stoks.

---Velocidad de caída, de filtrado y claridad de éste.- Hay una clara analogía entre depositarse (o precipitar) y filtrar; en cada caso, hay movimiento de sólido relacionado a líquido. Sin embargo, en el primer caso, el líquido está en un depósito y el sólido baja, y en el segundo, el sólido es soportado por una tela y el líquido pasa a través de él. En el primer caso la fuerza impulsora es la gravedad; en el segundo, puede ser la gravedad (filtros a gravedad) o presión mecánica (filtro-

prensa). Muchas pruebas confirman esta analogía: un material que precipita rápidamente, también permitirá un rápido flujo del licor; pero esto es para líquidos limpios y claros. En licores turbios, el caso no es tan simple; la arena filtra agua mucho más rápido que la tierra de diatomeas; aun a las soluciones de azúcar en bruto; pero en cambio no clarifica y, además, a los pocos minutos se detendrá el filtrado por estar obstruida la tela por el lodo que forman las impurezas del líquido que se está filtrando. Asimismo, algunas diatomeas de las del fondo permiten el que el líquido pase rápidamente y el lodo se deposite en la tela y baje la velocidad del filtrado o llegue a pararlo completamente.

Por eso, el poder clarificador de las tierras debe ser considerado de tanta importancia como la velocidad de flujo del filtrado.

El método por calcinación se usa para tratar tierras de diatomeas de alto grado, en polvo, que se calcinan con el fin de mejorar la velocidad de filtración.

Como la arcilla es el principal impedimento, Thatcher llevó la temperatura de calcinación a 1,000°C, pues para quemar la materia orgánica basta un red-heat bajo. Esta elevada temperatura convierte la arcilla, de un coloide pegajoso e hidratado que era, en una escoria de silicato anhidro de Al. Este producto, después de enfriarse, se tornó tan inofensivo como la arena y el f.a. calcinado aumentó notoriamente su velocidad de filtración.

Calcinación con agentes químicos.- Calvert, Dern y Alles aumentaron la eficacia de la calcinación agregándole de 3 a 10% de la sal de un álcali fusible a la tierra de diatomeas antes de la calcinación.

Filtros rígidos de tierras de diatomeas.- Sólo se recomiendan para extraer bacterias o materia gelatinosa muy frías por su baja velocidad de filtrado, inferior a los de arena y granos de cuarzo.

Efectos de condiciones de filtración en la velocidad de filtración.- En general, la velocidad aumenta con:

- 1) El % de f. a. (con límites).
- 2) La temperatura de filtración.
- 3) La presión de filtración.
- 4) La dilución del licor.
- 5) La fluidez (inversa de viscosidad) del licor.

El efecto cuantitativo de estos factores varía enormemente con la naturaleza del licor que es filtrado. Por lo tanto, no se puede dar las relaciones numéricas exactas, a menos que se refiera a una filtración en especial.

T. D. COMO REFINADOR DE AZUCAR.-

La filtración de azúcar ha sido el primer uso industrial de los tiempos modernos de la T. D., ya que era bien conocida en el año 1899. En menor grado se usa también en la refinación de otros productos del azúcar, como son: glucosa, azúcar rubia, etc. Hoy día, la filtración de soluciones de azúcar es el uso principal de la T. D., no sólo en nuestro país sino en el mundo entero.

Método.- Menos del 1% de la T. D. se mezcla con la solución al ser filtrada y la mezcla es bombeada a filtros-prensas equipadas con telas metálicas especiales. Para proteger los poros de la tela de que sean obturados por las sustancias gelatinosas de la solución del azúcar, hay que previamente revestir dicha tela con una capa de T. D. Esto se consigue por filtración de una pequeña cantidad de un fango concentrado de T. D., justamente antes del cuerpo principal del licor. La tela sola no es suficiente medio filtrante para clarificar las soluciones de azúcar cruda. Aun usando T. D. sin el revestimiento previo, un filtrado

claro no resulta hasta que la filtración ha avanzado lo suficiente para ella misma formar sobre la tela un cake de T. D. El grado de claridad de una solución de azúcar después de filtrada, es muy bien juzgada por medio del método de Tyndall, de formación de cono en un tubo de prueba y con una luz potente.

La T. D. se usa también en la filtración de azúcar de maíz, glucosa y aceite de maíz.

En cambio, en la producción de azúcar de remolacha sólo en algunas fábricas se usan pequeñas cantidades de T. D., pues las impurezas son dejadas principalmente en la pulpa o sino son sacadas después por carbonización. Esto se debe a que la remolacha, después de ser cortada en rodajas, es metida en agua caliente para la extracción de su azúcar. Esta diálisis a través del diafragma semi-permeable es en si ya una filtración que evita las impurezas. El siguiente paso del proceso, una lechada de cal, precipita los ácidos orgánicos y otras sustancias cuyas formas con calcio son insolubles; el ácido carbónico extrae el exceso de cal a lo cual sigue una filtración, para en seguida repetir una lechada de cal, carbonización y filtración. Cuando el jugo ha sido tratado $[(SO_2)]$ y concentrado a, aproximadamente, 50° Brix, se somete a otra filtración. Allí es donde entra la T. D. a veces como polvo de filtración, lo cual no siempre es imperativo, pues las carbonizaciones y filtraciones previas han extraído aquellos materiales que obturan los poros de la tela. Como dato interesante, la proporción usual de polvo de filtración es de 5 lb por cada Ton de remolacha, o sea 0.15% por peso.

Para la filtración de melaza, las cantidades que se usan de T. D. son apreciables, debido principalmente a que la melaza representa el licor madre del cual se ha extraído el azúcar

blanca cristalizada, quedando concentradas las impurezas (como sales, grasas, gomas y otros coloides). Por ejemplo, para la manufactura de fermentos (yeast) el filtrado de la melaza requiere las siguientes condiciones:

Concentración de la melaza.....	30-40	grados Brix
Temperatura de filtración.....	80	" C.
T. D. por peso de melaza	1.2%	
Presión de filtración	40	lb. por pul. cu.

En la clarificación de jugo de azúcar de caña, el método de filtración con T. D. (patente de Wooster) ha sustituido al tratamiento químico de precipitación con cal, produciendo un mejor grado de crudo, en una proporción de 5 a 10 lb. de T. D. por Ton de caña, temperatura de 212 a 220°F y filtración. Ha sido demostrado también que la implantación de este sistema no importa ningún gasto extra, aumenta la velocidad y hace la filtración eficiente y económica. Actualmente, sin embargo, la T.D. calcinada, (y posteriormente la T. D. calcinada con un álcali) ha desplazado a la T. natural, debido a un notable aumento de flujo de la primera, por su estructura porosa más abierta. La proporción usada es de 0.1 a 0.2 de lb. por ton. de caña y es agitada dentro del licor fangoso por diversos medios, ya sean mecánicos o físicos, pero tratando siempre de mantener la temperatura a 95°C.

Los refinadores de azúcar cuidan de llevar el proceso lo más rápidamente posible para evitar grandes cantidades de azúcar en este, para así apurar también las vueltas que da el capital de la industria. Por eso es que se prefiere las nuevas T. D. ya calcinadas que dan mayor velocidad de filtración aunque bajan algo la claridad del filtrado.

En la refinación propiamente dicha, el azúcar cruda entra con 96% de pureza, se humedece con un poco de agua para disolver las impurezas, siendo después la mezcla centrifugada y la-

vada (con una cantidad limitada de agua) en la centrífuga. Estos cristales lavados tienen una pureza de 99% mientras que la parte disuelta tiene un 80% de pureza. El azúcar lavada es fundida a 80°C a una solución de 60° Brix (60 lb. de sólido en 40 lb. de agua) y mezclado con una cantidad necesaria de lechada de cal para hacer la solución alcalina al litmus pero no a la fenoltaleína. A esta mezcla se le agrega T. D., ya sea natural o calcinada; de la primera se usa 4 a 8 lb. por ton. de azúcar disuelta, de la otra de 1/2 a 2/3 de la cantidad anterior. A mayor impureza y menor velocidad de filtración es necesaria mayor cantidad de T. D.; así para la parte disuelta mencionada anteriormente se usa varias veces más T. D. por ton. que para la solución de azúcar lavada. La mezcla es entonces bombeada a un filtro-prensa, tal como el Sæetland, donde es costumbre obtener un promedio de 6 gal. de filtrado por pie cuadrado de área de filtro, por cada ciclo de 2 horas. Mayores y menores velocidades pueden ser obtenidas según las proporciones de T. D. y otras condiciones necesarias.

El cake es lavado extrayéndosele, mezclándosele con agua, filtrándosele en una prensa tipo Plate and Frame y lavado en este filtro. El agua dulce de este paso va al lavado del azúcar cruda original, o al fundido a 80° o sino a mezclarse con una porción de polvo de filtración para el revestimiento inicial de las telas. El cake de la prensa P. y F. se bota. Este es solamente un método de tantos que se ha dado como información, pero que no pretende ser la última palabra sobre este asunto.

En cuanto al costo de T. D. en las plantas de refinación de azúcar es interesante hacer notar que las que se encuentran próximas a las plantas o yacimientos de T. D., en proporción al precio por tonelada de azúcar es prácticamente despreciable.

Aun en las plantas lejanas a las fuentes de T. D., los precios de transporte no llegan a influenciar mayormente en el precio por ton. de su producto, pues, actualmente no pasa de 20 a 30 ctvs. de dólar por ton. de azúcar o sea menos del 0.1% del valor del producto.

Los pasos finales de la refinación, posteriores a la filtración, incluyen decoloración, evaporación, cristalización, centrifugación de los cristales, lavado y secado.

En cuanto a recuperar la tierra de filtro del cake ya usado se ha intentado muchas veces lograrlo sin éxito económico. Por ejemplo, se ha intentado la fabricación de ladrillos termo-aisladores, pero surgió la dificultad de que el residuo de azúcar presente tenía la tendencia de fermentar, produciendo un gas, el que malogró el ladrillo que ya había sido prensado pero aun no quemado. Williams venció esta dificultad produciendo una fermentación preliminar al prensado y también con un germicida que además prevenía la fermentación.

Para la recuperación del cake para tierra de filtro, se secó y calentó para destruir las sustancias orgánicas presentes a bajas temperaturas, evitando así la extracción del agua combinada con la sílice que se creía quitaría las propiedades filtrantes de la tierra.

Otro método consiste en el secado del cake y calcinación del mismo para destruir la materia orgánica, pero tal calcinación, previa al secado, producía a menudo un producto que al ser molido era arenoso y por lo tanto inservible como ayuda de filtro. Thatcher, patentador de este sistema, lo mejoró mediante una desintegración del material después del secado, lo que evita los peligros de la calcinación posterior. Una muestra de éste, que fué calcinado a 1000°C, dió con soluciones de azúcar de

60°Brix, 6.65 gal. de filtrado por pie cuadrado de área de filtro en 30 min. de filtración. Otra muestra, secada y calcinada pero sin molido dió 3.7 gal.

Hay otros métodos como el de Hiller, con un precalentador rotativo, con molino de rodillos y horno rotativo; también el de Boeck y Thatcher que consiste en precipitaciones del cake en agua que clasifica el material en tres fracciones: arena, T. D. y materias coloidales.

Resultados de la Filtración con T. D.- La filtración de soluciones de azúcar con T. D. extrae ordinariamente material suspendido y coloides. Estos coloides, de no ser extraídos, retardan mucho la cristalización, disminuyen la efectividad del bonectar y también sirven como fijador de color. Paine y Walton han encontrado que del 10 al 15% de la materia coloidal es extraída por el tratamiento con T. D. Brester y Raines han demostrado la extracción parcial de materia coloidal por filtración, encontrando que la T. D. sola extrae 11 a 24% de esos coloides y que conjuntamente con el carbón decolorizante eliminan del 30 al 99% de ellos.

En general, la filtración a través de la T. D. es esencialmente mecánica; los poros muy finos de un cake de esta tierra tienen un gran poder de retención. La superficie de adsorción no es un factor importante en esta operación.

La esterilización de las soluciones de azúcar por filtración es muy importante, pues la pérdida de azúcar por deterioro en el almacenaje, debido a fermentación, llegó en algunas plantas a exceder el millón de dólares al año. Para esto se usó T. D. natural.

Los resultados fueron los siguientes:

Exp. No.	Tratamiento	Volúmen de CO ₂		
		Centímetros cúbicos		
		10 días	20 días	30 días
1	Disuelto en caliente no filt.	0.1	0.4	1.8
2	Filtrado a 80° con 0.8% T.D.	---	---	---
3	Disuelto en frío no filtrado	0.1	0.8	3.8
4	Guardado a 80° 1/2 hora no filt.	0.2	0.8	5.2
5	Filtrado con 2% de T. D.	---	---	---

La extracción de las bacterias de las soluciones de azúcar por filtración con T. D. es debido a lo fino de los poros de su cake de filtro.

T. D. Natural y Calcinada en Filtraciones de Azúcar.- La T. D. calcinada contiene partículas más grandes en promedio y prácticamente nada de sílice coloidal o arcilla; por lo tanto, su cake será relativamente abierto y poroso, por lo que su velocidad de filtración con soluciones de azúcar será varias veces mayor que la T. D. natural en polvo.

En pruebas de fábrica se ha comprobado que la tierra calcinada ha hecho disminuir en un 60% la tierra natural usada. En el caso de la melaza diluida que lleva un alto porcentaje de ayuda de filtro, la velocidad de filtración con la calcinada será 2000% mayor que la natural.

Si hay una diferencia en la claridad del filtrado, la diferencia es siempre a favor de la tierra no tratada, ya que este forma cakes de poros de menor tamaño de promedio.

A pesar de que han sido hechos muchos intentos de sustituir como ayuda de filtro a la T. D., el hecho es que 90% de las refineries de azúcar usan la T. D. Sin embargo, las investigaciones continúan y son dignas de mencionar las fibras de asbestos, la pulpa de madera, carbonato de calcio, etc. También se

ha intentado mezclar ayuda de filtro como en el caso del fosfato de calcio, que se ha hecho precipitar en soluciones de azúcar en la presencia de pulpa de madera o de la misma T. D.

El poder decolorante de la tierra es pequeño; sin embargo se han hecho intentos de reactivarla con ácido sulfúrico o clorhídrico con diversos resultados. En la Escuela Nacional de Ing. se hicieron pruebas de estas tierras con diversos porcentajes de ácido sulfúrico, por cuenta del Bco. Industrial del Perú para la filtración de aceites comestibles.

Sin embargo, por medios mecánicos se extrae los pigmentos en suspensión a menos que el grado de dispersión de estos sea de coloide muy fino. A pesar de esto, el poder decolorante de la T. D. natural no es para tenerse en consideración.

Se han hecho intentos también para cubrir la inmensa superficie de la tierra con algún agente decolorante activo, tales como materiales carbonosos, hidróxido de estaño, bone shar, a pesar de lo cual la extracción de la materia suspendida y de las sustancias coloreadas del azúcar, en una sola operación y por una filtración rápida, es todavía un problema para resolverse.

La cantidad de T. D. para usar en la filtración de azúcar depende principalmente de la capacidad del equipo de filtración, en relación al trabajo requerido de él y también de la calidad del azúcar crudo. Para aumentar la velocidad de filtración, cuando la capacidad del equipo de filtro es inadecuado, se usa 25% o 100% más de T. D. que de otro modo. Para azúcar crudo de

calidad media, se usa de 4 a 7 lb. de T. D. por cada ton. de azúcar crudo. Cuando el azúcar crudo es "refinado" antes de la filtración, el azúcar lavado se filtra con 3 lb. de tierra por tonelada de sólido y el producto del lavado con 15 a 20 lb. La temperatura de filtración debe ser de 80°C, la presión alcanza a 60 lb.

Como los principales factores que afectan la velocidad de la filtración, fueron determinados en laboratorios americanos, los siguientes:

A.- Temperatura.- La temperatura tuvo su efecto principal sobre las viscosidades de las soluciones del azúcar, la que a su vez afecta la velocidad de filtración. Al escoger 80°C como la temperatura de filtración de las soluciones de azúcar crudo, se ganan dos cosas: menos viscosidad y consecuente mayor velocidad de filtración y, por otro lado, evita pérdidas importantes de sacarosa por hidrólisis (que se realiza a temperaturas mayores de 80°C)

B.- Concentración de solución.- Si la proporción de polvo de D. a ser disuelto en azúcar se mantiene constante, la concentración de la solución de azúcar afecta la velocidad de filtrado, debido principalmente a su influencia sobre la viscosidad y claridad del líquido filtrado. Por ejemplo, soluciones diluidas de azúcar son limpias y soluciones de 60°Brix son jarabes viscosos. Sin embargo, el fabricante prefiere filtrar tales jarabes viscosos por que le es más económico aumentar la cantidad de T. D. que evaporar después de la filtración, grandes cantidades de agua. También las soluciones diluidas son más susceptibles de fermentar, y así mismo las sustancias limpias llevan sustancias coloidales arrancadas a la T. D. del cake, por la alta velocidad de filtrado.

Al filtrar melaza para fermentación es preferible filtrar a 30 o 40°Brix., antes de diluir a la concentración debida para la fermentación. El motivo de esto, es que dicha concentración lleva la máxima cantidad de azúcar en un tiempo dado y mayores concentraciones dan violentos aumentos en la viscosidad de la solución, lo que influye en la velocidad de filtrado.

C.- Proporción de T. D. en polvo.- Las proporciones propias de Tierra de filtro, se determinan mejor ploteando el porcentaje de T. D. contra el volumen de filtrado obtenido en un tiempo dado y entonces balanceando las economías en labor y costo de equipo en una mano contra el costo de las cantidades extras de tierra de filtro en la otra. Así, cada lote de azúcar crudo dará resultados cuantitativos distintos y, por lo tanto, los datos que se dan en diversos capítulos de este trabajo son determinaciones particulares.

D.- Ciclo de Filtración.- Al filtrar mezclas de sólidos y líquidos, la velocidad de fluido de líquido a través del filtro disminuye conforme el ciclo crece. Al filtrar soluciones de azúcar con T. D. a presión constante, por lo menos, la mitad del filtrado es obtenido en los primeros 15 min. para un ciclo de 60. Lo mismo pasa durante los primeros 30 min. en un ciclo de 2 horas. En otras palabras, el volumen del líquido filtrado, varía casi constantemente con la raíz cuadrada del tiempo de filtración. $V = k_1 \times \frac{T}{C}$ (1)

Donde V es volumen de filtrado en un tiempo dado T, y C el espesor del cake. Esta fórmula está de acuerdo con los resultados prácticos mencionados arriba.

Pero como el espesor del cake varía proporcionalmente con el volumen del filtrado, $C = k_2 \times V$ (2). Sustituyendo (2) en (1), tenemos $V = K \sqrt{T}$.

Esta ecuación no se cumple cuando hay progresivas variaciones en las condiciones de filtrado (temperatura, construcción del cake, depositación del polvo de filtración, etc.) También, como los cálculos han sido hechos sin pre-revestimiento de la tela de filtro, en la práctica, el espesor del cake no es estrictamente proporcional al volumen del filtrado.

Los cálculos para escoger la longitud del ciclo de filtrado tanto como los principios de filtración están excelentemente presentados por Walker, Lewis y McAdams.

E.- Una fórmula general muy buena ha sido desarrollada por Almy y Lewis y para un cake de espesor dado, y todos los demás factores, excepto presión, constantes, la velocidad de filtración en un instante dado deberá variar con la fuerza de presión del líquido a través del cake.

$$dV/dT = k \times P$$

Comercialmente se está más interesado en el volumen de filtrado V obtenido en un tiempo determinado de tal modo que hay variación en el espesor del cake, C .

$$V = k_1 P/C$$

Como $C = k_2 V$

tenemos $V = KVP$

Hay que tener en cuenta que estas condiciones ideales frecuentemente no se encuentran y, por ejemplo, no se aplican al filtrar un lodo inorgánico compresible, pues aumenta la presión al disminuir la porosidad del cake.

Comparando la velocidad de fluido a varias presiones para periodos que varían entre 10 y 120 min. Calvert encontró que las soluciones de azúcar crudo mezcladas con T. D. seguían:

$$V = K P^{0.4}$$

Con esta ecuación es posible calcular el volumen de un filtrado de azúcar para un tiempo pedido con cualquier presión de filtración cuando V_0 , Volumen de filtrado, obtenido a una presión dada P_0 en el mismo tiempo, son conocidos.

$$V = V_0 (P/P_0)^{0.41}$$

FIN DEL CAPITULO IV

C A P I T U L O V

PROPIEDADES DE LA TIERRA DE DIATOMEAS

Propiedades Físicas	69
1.- Color	69
2.- Propiedades Opticas	69
3.- Gravedad Específica	70
4.- Porosidad	71
5.- Adsorción	72
6.- Calor Específico	72
7.- Conductibilidad Térmica	73
8.- Temperatura de Fusión	74
9.- Calor Latente de Fusión	74
10.- Expansión Térmica	74
11.- Propiedades coloidales y tamaño de partícula	74
12.- Lustre	75
13.- Fractura	75
14.- Transparencia	75
15.- Tenacidad	75
16.- Dureza	75
Propiedades Químicas	76
Efectos de la T. D. de algunos tratamientos químicos	78
Tratamiento con cal	78
Hidróxido de Sodio y Carbonato de Sodio	80
Nitrato de Sodio	81
Tierra de Diatomeas tratada con Cloruro de Sodio	81



CAPITULO V

PROPIEDADES DE LA TIERRA DE DIATOMEAS

1) Propiedades físicas.- Color.- La tierra de diatomeas, cuando es de alto grado de pureza, es blanca; sin embargo, en el mercado encontramos tierras de diatomeas de otras tonalidades, dependiendo ellas de la naturaleza y cantidad de impurezas presentes. Por ejemplo, en las tierras alemanas, la materia orgánica que contienen hace variar su color de blanco a marrón o verde. Las tierras de Lompoc son de color blanco grisáceo; hay otras tierras americanas que son de color marfil. La tierra de diatomeas que se va a usar en la planta considerada en este proyecto es extraída de yacimientos en la Provincia de Pisco, Departamento de Ica, y su color es blanco grisáceo, tornándose ligeramente marrón al calcinarse. En general, los colores varían entre blanco, crema, gris, quemado, marrón, verdoso, hasta casi negro.

2) Propiedades Ópticas.- Los poros en los fósiles de ciertas especies de diatomeas son suficientemente finos para refractar bien la luz, de tal modo que al mirarse por el microscopio muestran los colores del arco iris. Sin embargo, las diatomeas no tienen doble refracción, propiedad que se usa para diferenciarlas de sus impurezas, con el prisma de Nicol (ejemplo de impureza: arcilla). (La T. D. es isotrópica a la difracción de los rayos X por ser amorfa en su sist. de cristales mostrando a veces algo de cristobalita).

Se han hecho intentos, sin éxito, de usar variedades blancas de T. D. como pigmento en pinturas al aceite. Esta ausencia de poder cubriente nos da a entender que hay muy poca diferencia de índice de refracción entre la tierra y el aceite, lo que hace que la primera no sea visible al mezclarse con el segundo. Efectivamente, el índice para aceite de linaza es 1.482 a 1.485, mientras que para nuestra tierra de diatomeas (sílice opalina) es de 1.42 a 1.48.

Al intentar tomarse fotografías de una muestra de tierra de diatomeas de Pisco, se comprobó que esta también refracta la luz al microscopio mostrando los colores del arco iris.

3) Gravedad específica. - La densidad aparente de la T. D. varía de 7 lb/pie³ para el polvo seco y empacado a 22 lb/pie³ para tierra sin moler, de buena calidad, y 60 lb/pie³ para roca malamente contaminada con impurezas.

Por otro lado, la verdadera gravedad específica no varía apreciablemente. Es de 2.1 a 2.2, igual a la de la sílice opalina o a la sílice hidratada amorfa, de las que la T. D. es sólo una forma. La gravedad específica verdadera es independiente del método de molienda y condiciones de compresión.

Ejemplo de densidades aparentes de tierras americanas de cantera:

FUENTE	DENSIDAD APARENTE	PESO lb/pie ³
Near Richmond, Va.	0.537	33.5
Washington	0.536	33.4
Butte, Mont.	0.605	37.7
Tonopah, Nev.	0.560	34.9
Wilmont, Va.	0.528	32.9
Lompoc, Calif. (ladr.cort.)	0.456	28.5
Payete, Idaho	0.422	26.3

La densidad aparente de la T. D. de Pisco sin tratamiento alguno como polvo sin humedad varía entre 0.244 y 0.282, según varias determinaciones que se hizo en el laboratorio de Docimacia de la Escuela Nacional de Ingenieros, o sea entre 15.2 y 17.6 lb/pie³. La tierra que sale de la cantera se considera que lleva 60% de humedad, que es el máximo de humedad comprobado en otros yacimientos, pero dejando claramente establecido que este es sólo un máximo y que la humedad que realmente se va a encontrar en este yacimiento va a ser variable y siempre menor. La densidad aparente de la citada tierra de Pisco, con ese teórico

60% de humedad, es de 0.64 o sea de 40 lb/pie³. Por último, la densidad aparente de esta misma tierra calcinada y en polvo varía entre 0.24 y 0.26 o sea entre 15 y 16.2 lb/pie³.

4) Porosidad.- El grado de porosidad se calcula directamente de la relación del peso específico verdadero al aparente. Si tomamos como gravedad específica de la tierra de diatomeas 2.1, 1 pie³ de l sólido pesaría:

$$2.1 \times 62.5 = 131.2 \text{ lb/pie}^3$$

La T. D. de Pisco calcinada y en polvo pesa sólo 15 lb/pie³. La diferencia entre estas dos cantidades es una medida de su porosidad. En este caso el sólido ocupa sólo:

$$15 \div 131.2 = 11.4\%$$

del volumen total. El 88.6% restante está listo para recibir otro material, que generalmente será un líquido.

La T. D. de Pisco podrá absorber:

$$88.6 \div 11.4 = 7.8$$

veces su volumen neto de un líquido. Si se desea la absorción por peso sólo es necesario corregir la diferencia en gravedades específicas de la tierra con el líquido. Por ejemplo, con el alcohol, cuya relación de densidad es de 2.6, aproximadamente, 1 lb. de T. D. absorberá:

$$7.8 \div 2.6 = 3 \text{ lb. de alcohol.}$$

Esto da una mezcla de consistencia húmedo-lodosa.

De igual modo, la gravedad específica de la tierra de diatomeas es 1.5 veces la de la nitroglicerina comercial que da 5.2 lb. de nitroglicerina por libra de T. D.

Con los líquidos de alta tensión superficial como el mercurio, se requiere presión adicional para hacerlo penetrar en los poros de la tierra. Washburn ha sugerido esta propiedad como principio para determinar el diámetro de dichos poros, comparándolo con la rapidez con que el agua entra en ellos, lo que es fácilmente determinable viendo el tiempo que se demora un ladri-

llo de diatomeas en hundirse. Efectivamente, el ladrillo flota temporalmente para luego hundirse acompañado por un ruido sibilante producido por el desplazamiento del aire.

5) Adsorción.- La T. D. es un pobre adsorbente; no adsorbe rápido vapores o gases ni decolora en forma importante los líquidos que filtra.

Como excepción, está el caso de una solución alcohólica-alcalina de fenoltaleína, que en su presencia pierde su color rosado brillante para tornarse incolora. Otro caso, es el de la caña a la que le retiene mucha de su materia coloidal, aumentándole la pureza.

A continuación figura un cuadro comparativo de poderes adsorbentes con sustancias disueltas. En esta prueba se usaron 2 grs. de sólido adsorbente por 10 cc. de cada solución y en iguales condiciones para los tres adsorbentes en comparación:

SUSTANCIA DISUELTA	CONCENTRACION EN AGUA %	EXTRAIDO TOTAL PARA CADA UNO %		
		Charcoal	T.de D.	Bone Black
Cloruro de Ba	2	9.2	1.3	18.5
Hidróxido de K	1	6.3	8.4	40.5
HCl	2	18.3	0.0	10.1
Nicotina	1	12.7	2.9	22.2
Azul de Metileno	0.15	56.3	6.3	100
Tanino	1.8	6.2	0.0	10.1

Hay que hacer resaltar que la T. D., por su alto porcentaje de sílice reactivo, es de carácter ácido, por lo que tiene mayor afinidad para adsorber sustancias alcalinas.

6) Calor específico.- De estas determinaciones se han ocupado algunos investigadores como Beckerhum que halló 0.21 (1876) y Griffiths 0.23 (1921).

Calores específicos para algunos aislantes de calor:

Material	Contenido de humedad %	Calor específico a temperatura media de 25°C
Tierra de diatomeas	2.09	0.23
Carbón de leña (charcoal)	6.89	0.29
Corcho en planchas (baked cork)	0.02	0.43
Corcho granulado	3.45	0.43
Escoria de lana	0.02	0.17

7) Conductibilidad térmica.- Una característica de la T. D. es su baja conductibilidad térmica, lo que le abre campo para uno de sus más grandes usos industriales: como termo-aislador de equipos de alta temperatura.

La conductibilidad térmica incluye transferencia de calor por conducción, convección y radiación. Depende solamente de las condiciones ambientales el que una de ellas aumente o disminuya independientemente de las otras dos.

La T. D., por sus poros finos que retardan la circulación del aire (convección), las innumerables superficies que presenta y que reflejan la energía radiante (radiación), su baja densidad y evidente discontinuidad de partículas (conducción), ofrece una excelente barrera a los tres métodos de transmisión de calor mencionados. Green y Edwards (Trans. Ceram. Soc. Eng.) establecen que las densidades óptimas para la T. D. como termo-aislador son: a 600°C, 0.34, 0.08 y 0.46 que dan unas conductibilidades térmicas de 0.000246, 0.000278 y 0.000272 cgs. (cgs. = gr. cal/seg x cm² x °C), para una misma tierra de diatomeas pero con tres densidades distintas.

Los resultados obtenidos en estas condiciones, varían junto con estas y así, a 1,000°C la mayor parte del calor se transmite por radiación (aumenta con T⁴) y, por lo tanto, el aislante debe llevar al mínimo la radiación pero sin dar excesiva transferencia por conducción. Por eso, para aislantes que van a so-

portar 1,000°C es preferible un polvo de tierra de diatomeas más pesado a uno de menor densidad, que es el mejor para bajas temperaturas.

8) Temperatura de fusión.- La T. D. sin contaminaciones de ninguna clase debía fundirse a la temperatura de fusión de la sílice, 1,600°C. Sin embargo, una T. D. de calidad promedio comienza a sentir los efectos de la temperatura a los 800°C por la presencia de la arcilla; a los 1,000°C pueden hacer ladrillos prensados fácilmente, pudiendo calentárseles hasta 1,400°C sin mayores consecuencias. La T. D. con exceso de cal se funde a 1,200°C (aprox.). Por eso, para ladrillos aisladores de alta temperatura se recomienda que la T. D. esté purificada, por lo menos a 92% de sílice.

9) Calor latente de fusión.- Para la T. D. misma no se ha podido calcular, pero para la cristobalita es de 110 cal/gr. La cristobalita es la forma en que se convierte la sílice, en su mayor parte, antes de fundirse.

10) Expansión térmica.- Este es un factor muy importante para los que vayan a fabricar ladrillos aislantes de T. D. El coeficiente depende de la temperatura y de la forma en que se presente la sílice. Así, la sílice amorfa tiene coeficiente pequeño; la cristobalita, grande; la sílice fundida no se rompe aun si estando al rojo se le introduce ^{e7}agua fría.

La sílice amorfa, a más de 1,000°C, se convierte, lentamente, bien en cristobalita bien en tridimita. Se trata siempre de transformarla en tridimita debido a la mala calidad de la cristobalita, siempre y cuando se vaya a usar en ladrillo refractario; para ladrillos aislantes, se le deja en su forma amorfa.

11) Propiedades coloidales y tamaño de partícula.- Ya es una

cosa demostrada la presencia de cargas negativas en las partículas de T. D. suspendida en agua, pues al hacerse electrolisis de esta suspensión en condiciones especiales, se notó una migración de partículas de T. D. hacia el polo positivo. Este es un campo aún inexplorado en el de los usos industriales de la T.D., pues actualmente todos se basan en sus bien conocidas propiedades físicas y químicas.

El diámetro medio de las partículas varía entre 1 y 100 micrones. Comercialmente 25 micrones es un buen término medio.

12) Lustre.- No tiene.

13) Fractura.- Puede ser paralelo a estratos, concoidal o sencillamente irregular.

14.-) Transparencia.- Opaca.

15.-) Tenacidad.- Fácilmente disgregable.

16) Dureza.- Las variedades livianas tienen una dureza de 1 a 1.5, debido a la porosidad, pero las partículas microscópicas tienen de 4.5 a 6.5 de dureza.

CAPITULO V

PROPIEDADES DE LA TIERRA DE DIATOMEAS

Propiedades Químicas.-

La diatomea viviente, ya sea de origen marino o de agua dulce, de clima frío o tropical, ha distribuido sus restos silicosos por todo el mundo y uno de sus primeros investigadores, Ehrenberg, había encontrado especímenes de diatomeas en más de 1000 localidades, ya en 1854. Actualmente, la gran cantidad de yacimientos conocidos, de buena calidad, sólo permite vivir a los mejores.

Aparte de la buena calidad de las diatomeas de un yacimiento, son factores muy importantes para decidir la explotación de un nuevo yacimiento, la cantidad de impurezas presentes y su acceso por vías de comunicación sencillas y baratas. Esta es la razón por la que hay que considerar los aspectos técnicos y geográficos del yacimiento de Pisco, del cual se va a extraer la materia prima para la planta considerada en nuestro proyecto.

Por ser EE. UU. actualmente el país que tiene la supremacía en esta industria, tanto en consumo como en calidad y producción, se va a tomar diversas muestras de tierras de ese país para mostrarlas en comparación con muestras nuestras, especialmente de Pisco.

Análisis de Tierras de Diatomeas de EE. UU.

	Herki- mer Co. N. Y. (a)	Rich- mond Va.	Wil- mont Wharf Va (c)	Pope's Crack Md.	Ellens- burg Wash.	Fossil Hill Nev.	Lompoc Cal.	Monte- rey Cal.	Pit River Cal.
Agua	12.12	8.37	3.40 ^b	3.47	5.98	5.99	5.00	4.89	---
Silice	86.51	75.86	82.85	81.53	84.91	86.90	89.30	86.89	96.02
Alúmina	.45	9.88	6.76	3.43	1.75	4.09	4.00	2.32	1.03
Fe ₂ O ₃	.37	2.92	2.34	3.33	2.04	1.26	.70	1.28	.62
CaO	.12	.29	.35	2.61	.11	.14	.40	.43	.12
Mg O	.42	.69	1.06	5.63	.19	.51	.40	Trazas	----
Diversos	---	.94	3.15 ^c	---	4.94	1.18	.20	3.58	----
	99.99	98.95	99.91	100.00	99.92	100.07	100.00	99.39	97.79

- a) Remoción de arcilla, previa al análisis, por precipitación en agua.
- b) Incluye pérdidas por ignición.
- c) Incluye: soda .99; potasa 1.07; Ti O₂ 1.09.

Ahora bien, dentro de un mismo yacimiento, existen diferencias, no por las diatomeas, sino por las impurezas que contienen; por ejemplo, el yacimiento más grande del mundo (Lompoc, California), da los siguientes diferentes análisis para algunas de sus canteras:

	Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	CO ₂ H ₂ O (a 105°C)	Mat. Org.	Total
Cantera 16 (filtro)	88.40	2.05	1.13	.34	.52	6.08	.31	98.83
Cantera 18 (filtro)	86.24	3.05	1.02	.18	.65	5.62	1.20	97.96
Cantera de ladrillos naturales	80.40	6.88	2.12	.86	1.17	6.12	.61	98.16

Otra razón que se tiene para tomar las tierras de Lompoc como elementos comparativos, es su similitud con la tierra de Pisco, por estar ambas formadas por diatomeas en las que predominan las del tipo "Coscinodiscus" (circulares) y "Synedra" (alargados), teniendo también ambas esponjas mezcladas con los esqueletos de diatomeas (que no les baja la calidad). La explicación de esta semejanza reside en que ambas tienen igual edad y formación geológica, además de su similar situación geográfica. Como datos adicionales, diré que la roca de Pisco es muy liviana, de color prácticamente blanco, sin mucha humedad en los estratos superficiales y es fácilmente convertida en polvo.

Doy a continuación dos análisis de tierras de dos yacimientos situados en Pisco y otro en Chincha:

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO+ MgO	H ₂ O	Mat. Org.	Total
Yacimiento #1	83.20	5.82	2.01	1.17	7.60	.80	100.00 (1)
Yacimiento #2	85.15	3.75	.37	.26	4.82	5.82	100.17 (2)
Chincha	50.40	4.50	3.50	5.61		34.60	98.61 (3)

- (1) Análisis gentileza del Sr. Walter Solis, Ingeniero del Cuerpo de Ingenieros de Minas, departamento de Metalurgia Experimental.
- (2) Datos sacados de los Registros de Análisis del mismo Cuerpo (16/1/47).
- (3) Datos tomados de "El Perú" de Antonio Raymondi, Tomo IV. Este análisis de diatomitas chinchanas es de menor pureza que cualquiera de Pisco, porque a pesar de pertenecer ambos a tierras que provienen de una misma formación de la edad Miocénica de capas estratificadas de tierras de diatomeas, en Chincha está cubierta por médanos y en los sitios en que aflora, presenta un color amarillento que denota la existencia de fuertes impurezas metálicas.

EFFECTOS EN LA TIERRA DE DIATOMEAS DE ALGUNOS TRATAMIENTOS QUIMICOS

Tratamiento con cal.- Es insoluble en ácidos (exceptuando el HFl) pero es soluble en bases fuertes.

De todos los álcalis, la cal tiene el efecto más interesante sobre la T. D. La cal da un cambio rápido de apariencia y un producto de posibilidades por explorar.

La T. D. agitada con agua, al parar la agitación, se asienta muy despacio; con el grado o calidad normal de tierra, el líquido que sobrenada, permanecerá turbio, aún después de un día. Pero si se añade cal a la suspensión y la mezcla se hierve, la coagulación será inmediata; además, en un asentado rápido el líquido que sobrenada se vuelve claro. Como el hervido continúa por una hora o más, la cal en solución aparentemente se combina con la sílice de la superficie (de las partículas de la T. D.) acompañado de una gran hinchazón.

Las propiedades de la tierra tratada con cal son muy diferentes de las de la tierra original. Una muestra de 10 grs. de T. D. que se asiente en agua destilada (33 cm³) ha sido encontrada, después de haber hervido por 3 horas con 50% de su peso de cal, en suspensión acuosa, que ocupa un volumen de 375 cc. El aumento de volumen del material asentado es más de 1,000%. Aún más, Calvert encuentra que la T. D. tratada con cal filtra agua a 4,600% del porcentaje de la tierra no tratada. También el producto hinchado al quitársele la humedad puede adsorber vapores de líquidos volátiles, mientras que la tierra original no tiene prácticamente poder de adsorción.

El producto secado a una temperatura ordinaria es ligeramente más blanco y más suave que la tierra original. También el material tratado disminuye su peso específico aparente en, aproximadamente, un 30%.

El porcentaje de agua retenido por la tierra tratada es grande y aparentemente debido a la formación de silicato de calcio hidratado, representado por la fórmula $\text{CaSiO}_3 \cdot 2 \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$. Está claramente indicado que la cal se combina con la sílice de la T.D. para formar un silicato altamente hidratado.

Las reacciones químicas aumentan con la temperatura y así la muestra que se asentó a un volumen de 33 cc, en agua destilada aumentó a 108 cc en leche de cal fría y a 264 cc en leche de cal a 90°C. Por otro lado, si bien teóricamente es necesario 93% en cal del peso de la sílice, sólo se recomienda un 50%, pues no debe esperarse que toda la sílice contenida en la T.D. vaya a reaccionar, lo que sucederá en el caso que ésta estuviera disponible en la superficie de las partículas sólidas de la diatomita.

La hinchazón no es reversible, lo que prueba que no es oca-

sionada sólo por la absorción de la cal. El lavado quitaría la cal, si sólo hubiera sido absorción, y restituiría el volumen original, previo secado. Pero esto sólo se consigue con el uso de un reactivo, como el HCl, que lo que hace es descomponer el silicato de Ca precipitado. Además, como última demostración, por titración se muestra que quedá muy poca cal después de 3 horas de hervir la T. D. con ella, en las condiciones primeramente mencionadas.

Como aislador térmico, la T. D. con cal ha sido usada de una manera amplia por una década. Este material aislador es manufacturado con mucho éxito haciendo una pasta espesa de T. D., cal, asbesto y agua, modelándola en la forma requerida, y calentándola en un autoclave, a 120 lbs. presión de vapor, para apresurar la formación del silicato de calcio. Los bloques resultantes están listos a ser unidos por cortes, al tamaño y forma deseados.

HIDROXIDO DE SODIO Y CARBONATO DE SODIO.- Cuando una solución de hidróxido de sodio o carbonato es hervida con T. D., la tierra se hincha en un principio, algo así como el caso de la cal, y la sílice es disuelta para formar el silicato de sodio. Las impurezas como cal, magnesia y óxidos de fierro permanecen sin disolverse.

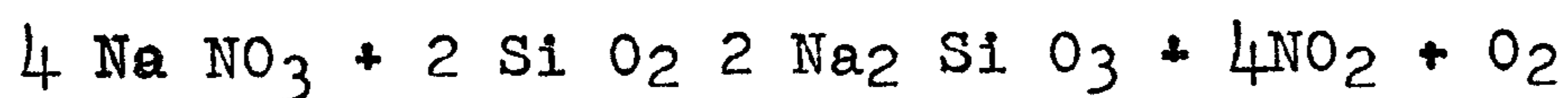
La presencia de estas impurezas, especialmente de 0.25 a 1.0% de óxido de fierro, ha sido un obstáculo para el uso de la tierra en la manufactura de vidrio-de-agua. Otro ha sido que la arena limpia blanca, substancialmente libre de fierro, puede pulverizarse y mandarse a la planta de water-glass con un costo mucho menor. Finalmente la T. D. es muy voluminosa y requiere aparatos más grandes por tonelada de producto que requiere la arena relativamente densa usada actualmente para proporcionar la sílice.

Por otra parte, hay ciertas ventajas en el uso de T. D., con preferencia a la arena, en la manufactura de water-glass. La sílice fina, porosa de la T. D. con su superficie extensa y pare-

des muy delgadas, se disuelve más rápidamente en álcali. Puede usarse temperaturas más bajas que para disolver arena. Las investigaciones pueden mostrar la posibilidad económica de hervir la T. D. con lejía y agua para dar la solución deseada al sitio de uso de la water glass, de esta manera, ahorrando transporte de agua del sitio de manufactura de la solución actual de water-glass.

La T. D. ha sido tan importante para la industria de w.g. en Europa que un libro anterior de la tierra por Krätzer y Andes se llama "Wasserglass und Infosorienerde". El consumo de la T.D. en esa industria probablemente continuará declinando a menos que se desarrolle un método mejor de uso de la tierra.

NITRATO DE SODIO.- Tal mejoramiento reside en el uso de nitrato de sodio como álcali. Al calentar la T. D. con éste a 700°C da óxido de nitrógeno y silicato de sodio como sub-producto, así:



El NO_2 al reaccionar con H_2O y O , dá ácido nítrico, una mol de sílice finamente dividida, actuando sobre el nitrato caliente, libera tanto ácido nítrico como lo harían dos de H_2SO_4 ; o sea que 60 lb de sílice hacen el trabajo de 196 lb de ácido sulfúrico. Con esta base, el uso de la T. D. para liberar ácido volátiles u óxidos a altas temperaturas es una buena posibilidad; con H_2SO_4 el subproducto es NaHSO_4 (nitro-cake); con T.D. el subproducto sería silicato de Na. Sin embargo, los problemas a resolver por los investigadores son muchos y de variada índole, pero la posibilidad es siempre interesante.

TIERRA DE DIATOMEAS TRATADA CON CLORURO DE SODIO.- La reacción de T.D. con 3 a 10% de sal fundida, ha revolucionado la técnica de la filtración, pues da una velocidad varias veces mayor que la de la tierra no tratada.

En esta reacción, la sal actúa como un álcali, dando algo de silicato de Na y perdiendo algo de Cl (parte como Cl libre y parte como HCl). Esta reacción difiere de la anterior en que requiere mayores temperaturas para su realización.

FIN DEL CAPITULO V

C A P I T U L O V I

LOCALIZACION DE LA PLANTA

Yacimientos en el Perú	83
Factores de la elección de localidad	84
I) Mercado	85
II) Materia Prima	85
III) Mano de Obra	87
IV) Transportes	88
V) Fuerza	88
VI) Agua	89
VII) Terreno Disponible	89
VIII) Restricciones Municipales	89
IX) Facilidades Financieras	89
X) Clima	90
Conclusión	91



CAPITULO VI

LOCALIZACION DE LA PLANTA

Yacimientos en el Perú.-

El geólogo peruano, Sr. Carlos I. Lisson, hablando sobre la formación geológica del Perú, afirma de que en su origen, se reducía a un mar interior y dos bordes, pertenecientes éstos a dos áreas continentales opuestas no plegadas, el núcleo brasileño o Matto Grosso y la Cordillera de la Costa; en la época Azoi- ca, la característica resaltante es la formación del Mar Interior de Sud América; la época Mesozoica nos trae la aparición de rocas Pre-Terciarias, de la familia de la Sílice, de tipo Cuarzífero; la época Terciaria se caracteriza por transformaciones en los rasgos fisiográficos de nuestra Costa, generando así la evolución del Geosinclinal Andino. El Geosinclinal Andino, como unidad estructural de índole tectónico, está representado por la fosa marina que bordeó todo el Occidente del Continente Sud Americano y que hoy^{se} nos muestra por un lado en su fase de emersión y por el otro, hundida bajo las aguas del Pacífico en un segmento bastante apreciable de su largo, y también, ocupando todo el inter-espacio, hoy imaginario, entre los dos núcleos anteriormente mencionados; a la época Petrozoica se le debe la actual existencia de yacimientos carboníferos (Chimbote, Paracas, etc.), pues, fué en esa época que se formaron grandes bosques de helechos gigantes (Criptógamas Vasculares), fuente de nuestro carbón de piedra.

Vista en forma rápida la evolución geológica de nuestro país sólo nos queda hacer notar que los yacimientos de Tierra de Diatomas son de la época Terciaria por su origen, por lo que nos interesa saber en qué parte del Perú hay afloraciones apreciables de la citada época.

Existen yacimientos de calidad y cantidad apreciables en los

siguientes lugares:

- 1°.- Huancavelica: en el camino de Huanta-Lircay.
- 2°.- Arequipa: Localización: Duto.
- 3°.- Ica: Localización: Caucato, Prov. de Pisco.
- 4°.- Ayacucho: Localización: Huanta.
- 5°.- Arequipa: Localización: Camaná, a 10 Km. N de Vitor.
- 6°.- Ayacucho: Localización: La Mar.
- 7°.- Ancash: Localización: Recuay.
- 8°.- Ica: Localización: Hacienda de Larán, Prov. de Chincha
(con muchas impurezas).

Factores de la elección de localidad.-

Cada industria tiene un factor que podríamos llamar esencial y que es preponderante sobre todos los otros que usualmente se consideran. En el caso de la T. D., la mayor dificultad de su explotación reside en el transporte de la materia prima hasta la planta de purificación por tener una densidad aparente muy pequeña, es decir, que ocupa un volumen 5 a 10 veces mayor que cualquier otro material similar por su tipo de explotación. Además, en todas las industrias de tipo minero las plantas de refinación están siempre más cerca de los yacimientos que del mercado; ésto es lógico, ya que el material transportado como producto terminado es siempre sólo una fracción del producto como materia prima. En el proyecto que se está tratando por ejemplo, entran aproximadamente 100 ton. diarias de materia prima que se reducen, aproximadamente también, a 25 ton. diarias de producto terminado. Por esta razón, la planta propuesta estará situada en las inmediaciones del yacimiento o zona de explotación.

De lo anteriormente expuesto se deduce que el factor esencial, sin menospreciar la importancia de los demás factores,

en la instalación de una planta de purificación y refinación de T. D. es la fácil obtención de la materia prima. Por las razones que voy a enumerar, he escogido como zona de explotación y, por lo tanto, como ubicación de la planta, los alrededores del Río Pisco, Prov. de Pisco, Depto. de Ica, conforme al plano de dicha zona que adjunto:

I.- Mercado.- Ya en el Capítulo I, al ver la necesidad de la implantación de esta industria en el Perú, se ha estudiado su mercado, tanto en el aspecto del consumo nacional como en el de exportación.

II.- Materia prima.- La región de Pisco se caracteriza porque predominan las afloraciones de la Epoca Terciaria o Cenozoica. El Ing^o. Rassmuss dice: "Se hallan, además, bancos silícicos de color blanco con formas aparentemente inorgánicas pero parecidas a esponjas y briozoos." (Indudablemente se refiere a los esqueletos de las diatomeas).

Los Ingenieros Adams y Masters en su "Formación de Pisco", dicen que las fasies típicas de la formación de Pisco son "de carácter tizoso" y que "el examen microscópico descubrió en estas muestras muchas diatomeas y un poco de cenizas volcánicas.

Nuevamente el Sr. Rassmuss, al hablar del Terciario Medio (Miocénico) de Pisco, dice "que la serie de trípolis (T.D.), muy bien descrita por el Ing^o. Broggi, aflora en su mayor espesor a los lados del Río Pisco, en el Cerro Tiza, en el sur, y entre el Puente de Pisco y la localidad de Caucato en el norte. Se compone preferentemente de capas estratificadas de T. D. Su reducido peso y la efervescencia que tienen en el agua son señales inconfundibles. El color blanco del compuesto indica la ausencia de impurezas metálicas. Se intercalan bastantes bancos calcáreos, como los que se observan en el Cerro de Tiza,

pero generalmente el material tripoli parece tan puro que podría tener aplicación industrial." Además dice: "En el estudio microscópico, Broggi ha encontrado formas de diatomeas que concuerdan con los esquistos de Monterrey, Calif. La semejanza del tripoli de Pisco con aquella formación es verdaderamente notable. Su espesor llega en la región de Caucato, por lo menos, a 200 m."

Aunque la serie del tripoli está dislocada en la región de Pisco, el rumbo general que se observa desde el sur del ferrocarril hacia la costa, al sur de Tambo de Mora, es de N 20° 0. En el puente de Pisco, en la ribera septentrional, se puede medir exactamente este rumbo; la inclinación allí es de 65° hacia el Este; en Caucato, el rumbo varía hasta N 25° a 30° 0, pero la inclinación disminuye a 60°. En la misma hacienda de Caucato sólo es de 30° a 40° E y con la misma inclinación sigue en la costa hacia Tambo de Mora; de ahí sigue, probablemente bajo el mar, hasta llegar a formar el zócalo de las Islas de Chincha. Hacia la Cordillera, se hunde en el puente de Pisco por una dislocación transversal que afecta también al Cerro Tiza; al E de este cerro, la inclinación es también más fuerte, de 60° a 70°, siendo el rumbo de 40° a 50° 0.

Hacia el sur, la serie de estos erróneamente llamados tripolis está cubierta por los médanos que se extienden en una ancha faja al sur del río Pisco para volver a aparecer en el Km. 30 del ferrocarril a Ica, pero con un color amarillento que demuestra su mayor porcentaje de impurezas metálicas.

Jorge Adams, en un artículo publicado en el Boletín N° 37 del Cuerpo de Ingenieros de Minas del Perú, además de reforzar con el resultado de su propia investigación lo expuesto anteriormente, dice: "Las muestras de las capas tizosas se han analizado por el Cuerpo de Ingenieros de Minas con el siguiente resultado: 1°.- El examen microscópico descubrió en esta mues-

tra muchas diatomeas y un poco de cenizas volcánicas; 2°.- Las fasies típicas de la formación de Pisco son relativamente impermeables. Esta circunstancia explica la existencia de agua a poca profundidad en la pampa que hay entre Pisco e Ica. El agua desciende del E por las quebradas de los cerros y se escurre en forma de corriente del subsuelo por entre la arena y otras sustancias detríticas que cubren las pampas pero no filtra a través de la formación de Pisco, sobre la cual descansa."

De todo lo anteriormente expuesto sobre Materia Prima, se deduce que:

- 1) La T. D. de Pisco es de buena calidad, siendo recomendable su explotación industrial; más detalles sobre sus propiedades físicas y químicas han sido expuestos en el Cap. V.
- 2) En Pisco hay una zona de explotación de unos 280 Km², en las proximidades del río Pisco, con un espesor de por lo menos 200 m, reservorio que justifica una inversión fuerte de capitales.

III.- Mano de Obra.- No es necesario ningún obrero especializado, por lo que se les puede obtener en la misma localidad. La población de Pisco, según el censo de 1940, era de 25,289 habitantes, incluyendo el 2.59% por omisión. El tipo del habitante medio es criollo, sin predominar rasgo definido alguno de las razas originales; su ocupación principal es la agricultura y su alimentación a base de carne, legumbres y pescado; es medianamente culto y por el clima benigno y pocos insectos la ropa, que es sencilla, dura mucho tiempo. El individuo común, siendo de tipo agricultor, es apacible y poco afecto a las diversiones y religioso en un 30%.

De lo anterior se deduce que la mano de obra se conseguirá de la calidad que se conseguiría en Lima y más barata.

IV.- Transportes.- La provincia de Pisco está situada en los 13° 53' 48" latitud sur y en los 78° 57' 32" longitud O de París o 76° 0' 31" de Greenwich, con una superficie de 6,249 Km².

Actualmente Pisco está unido a la Carretera Panamericana por un ramal de 5Km. de pista asfaltada. La carretera atraviesa el Río Pisco con un puente de hierro, muy sólido, en el lugar denominado Huamani. Hay otra carretera de tipo transversal que une Ica con el Depto. de Huancavelica a través de Pisco, sirviendo como vía de acceso de mercaderías y salida de productos agrícolas y minerales de Huancavelica. Es importante hacer notar que cada uno de estos caminos hace de eje principal de una red que sirve a las distintas haciendas de la localidad.

Pisco cuenta también con un ferrocarril que lo une con la capital del Depto., pero su importancia es secundaria por ser actualmente el servicio deficiente.

Pisco posee uno de los mejores muelles del litoral; sin embargo, su movimiento ha bajado considerablemente por ser ahora las vías terrestres las preferidas. El muelle tiene 700 m. de largo y cuenta con todas las facilidades que brindan los puertos modernos.

Las comunicaciones aéreas, aunque no son de importancia para nuestro proyecto, es otra de las facilidades de transporte que brinda Pisco, mediante una base pequeña situada al S del Distrito de San Andrés, ofreciendo la Panagra un servicio regular semanal.

El tiempo que ponen los camiones entre Pisco y Lima es de 8 horas y los automóviles y camionetas de 4 a 5 horas.

V.- Fuerza.- La maquinaria de la Planta va a ser impulsada por motores eléctricos, siendo la fuerza necesaria suministrada por

la Cia. de Servicios Eléctricos de la localidad, que es muy eficiente.

VI.- Agua.- Las necesidades de agua de la industria van a ser muy restringidas, por lo que ésta puede ser tomada de los servicios de la ciudad misma; además existe en el subsuelo, por la impermeabilidad de su formación geológica; otra fuente de agua sería el río Pisco, que pasa prácticamente por las canteras y a 5 Km al N de Pisco, cuyo régimen es irregular, siendo la calidad de sus aguas durante el estiaje cristalina, (10 m³/seg) y limosa durante las avenidas (130 a 150 m³/seg).

VII.- Terreno Disponible.- Este problema no ofrece ninguna dificultad en Pisco. Existe terreno disponible para la construcción de la planta e indudablemente, el precio será mucho menor.

VIII.- Restricciones Municipales.- La única objeción que se le podría hacer a la planta, sería el peligro de respirar partículas de sílice, que se depositan en los pulmones. Para evitar esto, la fábrica ha sido diseñada de tal modo que el obrero no entra en contacto con la diatomita sino en la molienda primaria y en el empaclado del producto terminado, en la planta misma y en la cantera. Todo el resto del movimiento del material es automático y aislado del medio ambiente.

IX.- Facilidades Financieras.- Pisco es centro comercial de importancia, contando la ciudad, debido principalmente al algodón, con gran movimiento de este género; ha sido una consecuencia lógica el que los Bancos Popular y de Crédito establezcan agencias en esa localidad. Hay casas importadores y exportadoras fuertes, todas muy antiguas, que le dan jerarquía económica a esta ciudad.

Como facilidades de otro orden, cuenta la ciudad con boticas, imprentas, oficinas públicas, parques, hospital, instituciones

deportivas, consulados extranjeros y, lo que es importante, instituciones obreras sindicales pacíficas.

El gobierno de la ciudad está constituido políticamente por un Gobernador, comisario, tres Jueces de Paz con un suplente, un Juez de Menores y uno Correccional.

Tiene además buenos servicios de Correos y de Radio-Telegrafía y Telégrafos.

X.- Clima.- Este es un factor muy importante para el proyecto, pues las condiciones que voy a enumerar en seguida, han hecho posible la existencia de Campo de Secado previo a la introducción de la materia prima a la Planta. La presencia de este Campo va a economizar capital, que de otro modo tendría que invertirse en la instalación de un equipo de Secado en la planta misma y también va a economizar combustible por igual razón.

Conforme a los datos del Ministerio de Aviación, las zonas más secas de nuestro país son: Trujillo, con 0.6mm de precipitación, PISCO con 1.1 mm, Paramonga con 1.9. Como dato comparativo, Lima tiene 37 a 48 de precipitación, también anual.

Los vientos característicos de la región son: el Alisio, con dirección de S a E, desde las 9 am hasta el anochecer; el Paracas, local, de tipo periódico (aparece en los meses de Octubre, Agosto y Abril), cuyo sentido es de S a N, de 10 a 11 am, arrastrando mucho polvo. De menor importancia es el Terral, bonancible, nocturno y que sopla de tierra al mar.

La Corriente de Humbolt, que pasa a 13 millas de la costa, transformando el clima de Tropical que le corresponde por su situación a Sub-Tropical, es el motivo de la escasa precipitación que mencionamos anteriormente.

Conclusión.-

Teniendo en cuenta todos estos factores, sólo se puede dar una solución: la Planta de que trata este Proyecto deberá ser instalada en las afueras de la ciudad de Pisco.

FIN DEL CAPITULO VI

DESARROLLO DEL PROCESO INDUSTRIAL

Movimiento de la T. D. a través del proceso	92
Descripción del proceso	95
A Explotación de la Cantera	95
1) Preparación de la Cantera	96
2) Explotación de la Cantera	97
3) Transporte al Campo de Secado	99
4) Campo de Secado	100
5) Transporte a la Planta de Calcinación	104
B Planta de Calcinación	105
1) Circuito de T. D. Cruda	105
a.-Almacenamiento y Pesada de Materia Prima	105
b.-Primera Molienda de la Materia Prima	106
c.-Segunda Molienda con Sistema de Secado de Conducción Neumática	109
d.-Alimentación del Horno Rotativo	122
e.-Pesada y Almacenamiento de T. D. Cruda	123
f.-Recuperación del Material Fino llevado por los Gases	124
2) Circuito de T.D. Calcinada - Horno Rotativo de Calcinación	127
g.-Enfriamiento de la T. D. Calcinada	149
h.-Disgregación de la T. D. Calcinada con Conducción Neumática	152
i.-Ensacado y Pesada del Producto Terminado	155
j.-Almacenamiento del Producto Terminado	156
Construcción	157

CAPITULO VII

DESARROLLO DEL PROCESO INDUSTRIAL

Movimiento de la T. D. a través del proceso.- La T. D. cruda que va a utilizarse como materia prima en la planta será extraída de un yacimiento que, como ya se ha dicho, está situado en las inmediaciones de la ciudad de Pisco, en el sur de la República, a ambos lados de la Carretera Panamericana. (Ver Plano adjunto)

El minado se hará por el sistema de canteras siguiendo los estratos naturales de T. D. que presentan un espesor promedio de más de un metro. Antes de la explotación propiamente dicha será necesaria la eliminación de la capa de detritus o impurezas que cubre el yacimiento; también se hace necesaria la identificación por numeración y muestreo de los distintos estratos que lo forman.

La explotación de la cantera se efectuará mediante el empleo de: una Rastra Mecánica (Scraper), máquina barata y de tipo sencillo, con sus accesorios (cables, tambores, motor, plataforma de madera, etc.); un camión para el transporte de la materia prima al campo de secado y una cuadrilla de hombres a cargo de un capacitaz, para la mano de obra.

100 ton. cortas de T. D. con 60% de humedad (base húmeda) recibirá diariamente el campo de secado en el que el material se acomodará en largas rumas donde permanecerá un tiempo determinado (8 días) para salir con sólo 12% de humedad. El campo contará, para este trabajo, con un transportador de faja portátil, camiones para su transporte a la planta y una cuadrilla de hombres para la mano de obra.

42 ton. cortas de 12% de humedad entrarán diariamente a la planta donde serán recibidas en un almacén de materia prima. La T. D. entonces será puesta en bolsas, pesada y alimentada en Silos que, mediante conductores de gravedad, la transportarán al

Molino de Rodillos. Aún con 12% de humedad pero reducido su diámetro a 1/2", será tomada por un Conductor de Faja que la pasará a un Elevador de Canjilones (ambos herméticamente cerrados) el que la depositará en los Conductores de Gravedad de dos silos de 140 m³ de capacidad cada uno; cada uno de estos últimos es capaz por sí solo de dar la materia prima necesaria para un día de trabajo.

Hasta este momento, incluyendo la explotación de la cantera, se trabaja solamente un turno de 8 horas por día; de aquí para adelante, se trabajarán las 24 horas en 3 turnos de 8 horas cada uno, ya que en esta parte del Proceso sólo se requerirá personal de control (como se verá más tarde), disminuyendo así el costo inicial por concepto de maquinaria al reducir el volumen de trabajo de ésta a una tercera parte. Solamente el ensacado y operaciones posteriores se volverán a hacer en un solo turno de 8 horas.

De los silos de 140 m³, el material con 12% de humedad es tomado por un Molino de Martillos, primer paso del Sistema de Secado con Conducción Neumática, donde la T. D. es tomada por una corriente de gases calientes provenientes del Horno de Calcina- ción, elevada por un tubo vertical para su secado, pasada por un Clasificador de Aire que le quitará la arena, para luego ser depositada por un equipo de 4 Ciclones, los que a su vez des- cargarán la T. D. con 2% de humedad en el Silo Alimentador del Horno Rotativo; los finos que no se depositen en los Ciclones, serán recuperados en un Bag House.

A este Sistema de Secado entran 41.5 ton. cts. de T. D. de 12%, saliendo 35.3 ton. cts. de T. D. de 2%, 4.25 ton. cts. de H₂O evaporada, 1.25 ton. cts. de arena y 0.75 ton. cts. de mate- rial fino, todo en un ciclo de 24 horas de trabajo.

El Silo alimenta el Horno Rotativo de Calcinación principalmente, pero también parte de su T. D. va a una tolva ensacadora de tierra sin calcinar.

La tierra al ser calcinada en el horno, pierde el resto de humedad que le pudiera quedar y transforma el estado de la Alúmina, impureza que hasta ese momento se encuentra en forma de Hidróxido con carácter gelatinoso, a la de Silicato Anhidro con la que quedará definitivamente, previa descomposición del Hidróxido en Oxido y H_2O de Composición.

De las 35.3 ton. cts. que da el Sistema de Secado, 8.1 van a ensacarse como T. D. cruda (de las que salen 8 ton. cts. en sacos, considerando las pérdidas del ensacado) y 27.2 entran al horno, saliendo 24.5 ton. cts. de T. D. Calcinada, por día.

Las 24.5 ton. cts. serán pasadas a un Enfriador Rotativo por medio de un conductor de gravedad que habrá en la Cámara de Combustión, de donde serán tomadas por una faja (herméticamente cerrada en una caja) que mediante un elevador de canjilones y un conductor de gravedad, alimentarán el Silo de la 3a. Molien-da (Molino de Martillos); gases provenientes del Bag-House del Secado Neumático, que todavía conservan calor, tomarán la T.D. seca del Martillo, evitando que absorba humedad y llevándola a clasificarse en mallas 50, 100, 150 y 200 en 4 Ciclonos que trabajan en serie. Estos Ciclonos descargarán respectivamente en tolvas ensacadoras, donde la T. D. será probada (muestras al Laboratorio), pesada y, después de ser cerrada la bolsa, almacenada como producto terminado, listo para la venta. 24 ton. cortas de T. D. Calcinada es la producción que se espera obtener por día.

El material fino calcinado será recuperado en un Bag-House.

Se recuperará 1 ton. corta por día de material fino que se

venderá para usos de relleno (3/4 ton. será T. D. cruda y 1/4 ton. calcinada).

La planta estará provista de un laboratorio bastante amplio, con un plan de trabajo de rutina intensivo, el que esbozado consiste en un análisis de tipo físico (malla, porosidad, examen microscópico, densidad, etc.) de muestras del material que se está ensacando, análisis que se hará diariamente. En cambio, semanalmente se hará un análisis químico de las muestras de distintos estratos que se están explotando o por explotar. Como de todos estos análisis se llevará archivos, de la comparación de los nuevos con los antiguos se sacará conclusiones que redundarán en beneficio del proceso. Se recomienda identificar por numeración cada estrato del yacimiento.

DESCRIPCION DEL PROCESO.- El proceso comprende dos etapas bien definidas:

I) Explotación de la cantera.-Esta etapa comprende las operaciones unitarias necesarias para extraer la T. D. cruda de la cantera, transportarla al campo de secado, el secado mismo en dicho campo y, finalmente, su transporte a la planta.

II) Planta de calcinación.- Esta etapa comprende el conjunto de operaciones unitarias y proceso unitario necesarios para la calcinación y preparación en general de la T. D. cruda para transformarla en producto terminado, apta para el mercado.

EXPLOTACION DE LA CANTERA.- Comprende las siguientes operaciones unitarias:

- 1) Preparación de la cantera.
- 2) Explotación de la cantera.
- 3) Transporte al Campo de Secado.
- 4) Campo de Secado.
- 5) Transporte a la Planta de Calcinación.

1) Preparación de la cantera.-

a) Selección de la cantera: Será el primer trabajo a realizar por el laboratorio, consistiendo en análisis cuidadosos de muestras de distintos sitios y estratos del yacimiento, de los cuales se escogerán los de mejor calidad, pero archivándose todos en registros a los cuales se incorporarán todos los análisis que en el futuro se hagan. Al hacer el muestreo, hay que tener cuidado de no tomar material de detritus (overburden).

b) Eliminación de detritus: Una vez seleccionada la cantera, el paso siguiente será la eliminación ~~de la eliminación~~ de la capa de material impuro o detritus que tiene aproximadamente 1 m. de espesor.

c) Preparación de la cantera: Ya seleccionada la cantera, simultáneamente con la eliminación del material impuro o detritus, se le prepara en forma de plano inclinado (30° aproximadamente) para facilitar el movimiento del material removido por la rastra. En realidad la Rastra Mecánica puede trabajar con ángulos mayores o menores que el especificado, el que sólo se da con el fin de indicar el mejor ángulo. Facilitará mucho el trabajo si las Canteras escogidas están situadas en lomas naturales, características de la región.

d) Instalación de la Rastra Mecánica: Una vez preparado el plano inclinado, se construirá una plataforma de madera en la parte inferior de éste y a continuación de él, de modo tal que sea un plano horizontal. En el centro de la plataforma, habrá una boca o puerta de descarga; entre esta boca y el plano inclinado la plataforma tendrá un espacio libre donde se irá depositando el material mientras la boca de descarga no funcione; un camión volquete recibirá la carga directamente de la boca de descarga, para lo que entrará debajo de la plataforma. Por último, en la parte de atrás de la plataforma, opuesta al plano inclinado, serán instalados los dos tambores del cable y su motor;

en la parte superior de la Cantera, se asegurarán juntos dos postes de fierro, que constituirán el soporte superior de la rastra, pues por ellos pasará el cable que sujeta a la Rastra de atrás, haciéndola trabajar "a la descarga".

Cada plataforma así instalada, permite la explotación de una cantera por 3 meses, ya que variando los soportes superiores del cable se amplía el campo de acción de la rastra. Mientras esta plataforma esté trabajando, inmediata a ella se construirá otra igual, donde se instalará el equipo de la Rastra, cuando el trabajo en la primera plataforma haya terminado; en seguida, un carpintero y 4 obreros desarmarán la primera para instalarla inmediatamente después de la segunda, tarea que usualmente se completa en menos de una jornada de trabajo. Con este sistema, se puede explotar una cantera con material sólo para dos plataformas relativamente pequeñas.

En el sentido del plano inclinado, la plataforma tendrá un largo de 10 m., estando situada la boca de descarga (1.5 m. de largo) a 6 m. de la Cantera; a lo ancho, también tendrá 10 m., estando la boca (1.5 m. de ancho) en el mismo centro.

2) Explotación de la cantera.-

Para este fin se necesitarán los siguientes elementos:

a) Rastra Mecánica: máquina sencilla y barata, movida por un motor a gasolina de 5 HP, cuyo trabajo se basa en arañar o raspar la T. D. de la cantera con una caja provista de cuchillas, la que avanza (descarga) o retrocede (carga) según el movimiento que le dan los dos tambores respectivos, con su cable de descarga, conectado a la caja misma, o el de carga, conectado al arnés. La T. es arrastrada por la Rastra hasta la plataforma de la que ya se ha hablado, cargando directamente el camión o depositándola en el espacio libre que hay en ella; una cuadrilla de obreros completará el trabajo de la Rastra. Los tambores estarán montados para que cuando uno enrolle, el otro esté sol-

tando el cable.

Para el uso de esta máquina, el ángulo vertical (del plano inclinado) puede ser prácticamente cualquiera, y en cuanto al horizontal, puede variarse en 45° a cada lado de la perpendicular bajada desde la cantera a la plataforma.

El modelo escogido es un Pacific Slushmaster Scraper, de las siguientes características:

Modelo	2A
Tamaño	26"
HP	3 a 5
Capacidad en pies ³	10
Peso en lb	398
Producción m ³ por hora	25
Diámetro de T.D. (aprox.)	5"

Con esta producción de 25m³ por hora en 6 horas de trabajo de la máquina obtendremos 100 ton. cortas de T. D. cruda de 60% de humedad (esta humedad es la máxima que han encontrado los investigadores en todos los yacimientos en actual explotación)

b) Plataforma de madera: Es necesaria para la instalación de los accesorios de la Rastra Mecánica, de la que ya nos hemos ocupado anteriormente.

c) Vagonetas de transporte: Cuando la Rastra está trabajando fuera del alcance de las plataformas por alguna causa eventual, se usarán como elementos auxiliares para el transporte de la T. D. una línea Decauville portátil y 6 vagonetas con caja de madera que tendrán las siguientes características.

Decauville:

Trocha	500 mm
Secciones (largo)	5 m
Peso por riel	16 lb/y ASCE (7 kg/m)
Durmientes de perfil acanalado	
Declive	1 : 4
Peso por pieza (incluyendo un cambio)	220 Kg

Vagonetas:

Se necesitará 6 vagonetas de manufactura nacional que serán de tipo volquete, consistiendo cada una en una caja de ma-

dera montada sobre ejes verticales de fierro, los cuales a su vez estarán provistos de ejes horizontales con ruedas para el movimiento.

La caja, que será de corte rectangular, tendrá juego o movimiento libre en la base o parte inferior y estará fija a lo largo de la parte superior, de tal modo que pueda fácilmente descargarse al levantarse la parte inferior hacia un costado; estará provista de un fijador-seguro para evitar su balanceo o movimiento durante el trabajo. Sus dimensiones son: ancho 0.8 m, largo 1.20 m, altura 1.20 m, peso 200 kg, volumen utilizable 1.15 m³.

Los ejes con ruedas antes mencionados serán para 500 mm de trocha, con ruedas de acero fundido de 300/340 mm de diámetro con chumaceras; su peso será de 26 kg por cada eje con sus ruedas.

La estructura de fierro estará formada por bastidores en V invertida con traviesa también de fierro.

El volumen de trabajo de las vagonetas deberá ser de 25 m³/hora, completando su trabajo de 100 ton/día en 6 horas.

d) Camión volquete: Servirá para el transporte al campo de secado y se explicará en el ítem respectivo.

3) Transporte al Campo de Secado.-

Se dispondrá para este trabajo de un camión volquete, de los que se pueden conseguir fácilmente en el mercado, con arreglos especiales hechos en la caja del volquete, la que será cambiada por una de madera reforzada con el fin de dar mayor volumen de transporte, dado el poco peso de nuestro material. El volumen teórico de carga será de 9 m³ (3x2x1.5 m) del cual se aprovechará normalmente el 66%, o sea 6 m³ que equivalen a 3 ton cortas de T. D. de 60% de humedad (peso específico: 40 lb/p³). También se ha considerado la densidad aparente del material transporta-

do como otro 66%, recomendado en Materiales de Construcción.

El camión demorará de 10 a 15 minutos por cada viaje completo entre la cantera y el Campo de Secado, lo que incluye carga, recorrido de ida de 200 m (aproximadamente), descarga y regreso. 3 ton cada 15 minutos dan 96 ton por 8 horas de trabajo; esto es tomando el tiempo más largo. Entonces para completar las 100 ton necesarias se puede recargar un poco el volumen de material por viaje, pues se ha tomado 66% del volumen teórico de carga del camión. Se necesitará un camión para 4 ton cortas. Para evitar contratiempos se usarán los 2 volquetes del transporte a la Planta, que hacen su trabajo normal en sólo 5 horas.

El trabajo del camión consistirá en tomar el material de la boca de la plataforma de la cantera, llevarlo al Campo de Secado donde lo depositará directamente en rumas por medio de su volquete para regresar vacío a la cantera, reiniciando el ciclo.

4) Campo de Secado.-

Estará ubicado en un radio máximo de 200 m de la cantera, evitándose que la dirección de uno con respecto al otro sean la SE o NO con el fin de que el polvo arrastrado por los vientos alisios (dirección SE) característicos de la región vaya de un sitio al otro, entorpeciendo la labor del elemento obrero. De igual modo se tendrá en cuenta para la ubicación de este Campo los fuertes efectos del viento periódico de la región llamado "paraca" cuya dirección es de S a N; este viento es más fuerte que el anterior, pero se presenta sólo durante tres meses al año (abril, agosto y octubre) y únicamente 1 hora al día.

Cálculo del tiempo de secado.- Van a ser traídas al Campo de Secado 100 ton cortas (2,000 lb c/u) al día, cantidad que se va a tomar como base para el cálculo.

Características de la T. D. que se va a secar: Ya se ha menciona-

do repetidamente que va a tener 60% de agua, base húmeda, con una gravedad específica de 40 lb/p³; va a salir para la Planta con 12% de humedad, perdiéndose la diferencia de humedad por evaporación.

Cálculo de pérdida de agua:

Base: 100 lb T. D. seca

Con 60% de humedad pesarán:

$$P_{60} = 250 \text{ lb}$$

Con 12% de humedad pesarán:

$$P_{12} = 114 \text{ lb}$$

Por lo tanto, por 100 lb de T. D. seca se evaporará la diferencia o sea 136 lb de agua.

Por lo tanto, por 100 ton (200,000 lb) de T. D. con 60% de humedad se evaporarán 54.5 ton de agua (109,000 lb).

Como además hay que considerar 5% de pérdidas por T. D. que se lleva el viento en forma de polvo, sólo 45.5 ton (91,000 lb) de T. D. con 12% de humedad saldrán en camiones para la Planta.

Cálculo del volumen que ocupará la T. D. (60% humedad) en el Campo de Secado.- Como su peso específico es 40 lb/p³, 200,000 lb ocuparán 5,000 p³.

Estos 5,000 p³ equivalen a 425 m³. Considerando la densidad aparente de todo material disgregado que se acumule, que es aproximadamente 1.4 veces la gravedad específica del material, el volumen real será:

$$V = 610 \text{ m}^3/\text{día}$$

Como se verá a continuación, el secado se realizará en 8 días. Por lo tanto, el volumen total de T. D. que se tendrá constantemente en el Campo de Secado, será:

$$V_t = 4,880 \text{ m}^3$$

Determinación Práctica de la Razón de Secado: Esta determinación

se hizo en el Laboratorio de Docimacia de la Escuela Nacional de Ingenieros al no encontrarse datos experimentales ni ninguna referencia al respecto en la bibliografía de que se disponía.

Se tomaron 3 muestras de T. D. con 60% de humedad, que se colocaron en crisoles tarados, se pesaron y se pusieron a secar al ambiente, sin aire ni sol directo, pues el crisol la defendía del aire y el lugar techado, del sol. Se trató de reproducir en lo posible, no las condiciones de la T. D. en las caras exteriores de las rumas, sino la de la T. D. interior.

4 pesadas al día, los primeros días y 2 después (8 a.m. y 6 p.m.) permitió seguir fielmente el secado y así, el 2° día las muestras tenían 50% de humedad; el 3°, 46%; el 4°, 39%; el 5°, 33%; el 6°, 25%; el 7°, 17%; y en la mañana del 8° día ya el porcentaje de humedad bajaba el 12% necesario. El peso promedio de las muestras fué de 16.65 gr. y el área de secado de 12.25 cm²; por lo tanto, la relación de secado (K) de la prueba fué de:

$$K = 1.36 \text{ gr/cm}^2$$

$$K = 30 \text{ lb/m}^2$$

Por otro lado, la Razón de Secado promedio que se halló en la prueba fué:

$$R = 4 \text{ mgr H}_2\text{O evaporada/cm}^2 \text{ x hora}$$

variando directamente con la humedad de las muestras, de 10 mgr para 60% de humedad a 2 mgr para 12%. Además, se apreciaron notables variaciones con la temperatura ambiente, pues si la Razón de Secado de un día con sol se toma como 100%, esta misma Razón en la noche será el 33%.

Es atendiendo a las diferencias entre las condiciones de la prueba de laboratorio y las que habrá en el Campo de Secado, con clima seco, viento, aire en contacto con la T. D. debido a la densidad aparente (trozos de T. D. de más o menos 5" de diámetro en rumas), circulación de este aire por el interior de

las rumas, sol todos los días, etc., que se ha aceptado la relación de Secado de:

$$K' = 330 \text{ lb/m}^2$$

para el campo que se considera en este proyecto, que se ha hallado sabiendo que las dimensiones de las rumas son de 1 m de altura y 1 m de ancho; partiendo de la densidad conocida de 40 lb/p³, teniendo en cuenta la densidad aparente de los trozos de T. D. y cambiando unidades, se llega a 990 lb/m³, densidad aparente de T. D. con 60% de humedad, cuando está depositada en rumas. Para 1 m de largo, el volumen será:

$$V = 1 \text{ m}^3$$

el área de secado será:

$$A = 3 \text{ m}^2$$

por lo tanto:

$$K' = 990 \text{ lb/3 m}^2$$

$$K' = 330 \text{ lb/m}^2$$

relación de Secado 11 veces mayor que la obtenida en el Laboratorio.

Area del Campo de Secado: Por cada m³ corresponderá 1 m lineal de ruma y 1 m² de terreno, por las medidas y disposición de las rumas. Como el volumen es:

$$V = 4880 \text{ m}^3$$

por lo tanto, se necesitaría una sola ruma de 4880 m de largo, ó:

$$48.8 \text{ rumas de } 100 \text{ m de largo c/u.}$$

Por lo tanto, el número de hileras de rumas, será:

$$N^{\circ} = 50 \text{ (100 m de largo c/u).}$$

Poniendo entre ruma y ruma una separación de 2 m, para mejor circulación del aire y facilidad del trabajo, el área libre será:

$$A_1 = 2 \times (50 - 1) \times 100$$

$$A_1 = 9800 \text{ m}^2$$

el área ocupada por las rumas será:

$$A_r = 1 \times 50 \times 100$$

$$A_r = 5000 \text{ m}^2$$

el área total de terreno necesario, será:

$$A_t = 14,800 \text{ m}^2$$

con una profundidad de 100 m y un frente de 148 m. El % de área ocupada realmente en secado, será de 34%; el restante 66% es área desocupada pero necesaria. El área aparente que ofrece el material al aire o área de secado, es de 3 m² por cada m³, o sea 15,000 m². El Secado se hará en 8 días.

5) Transporte a la Planta de Calcinación.-

Para este transporte se dispondrá de 2 camiones volquete, de los que hay en el mercado, a los que se les hará arreglos en la caja del volquete, que será de madera reforzada, para dar un volumen de 26 m³ (3.5 x 3 x 2.5 m) del que se aprovechará para el transporte el 70%, 18 m³, para una T. D. con 12% de humedad y una gravedad específica de 18.2 lb/p³.

La distancia del Campo de Secado a la Planta será de 5 km y entonces cada viaje durará 10' (30 km/hora vel promedio). Una vuelta completa demorará:

$$10' \text{ ida} / 5' \text{ descargar} / 10' \text{ vuelta} / 15' \text{ cargar} = 40' \text{ (tiempo/vuelta)}$$

Trabajando en condiciones normales, cada camión utilizará 18 m³ de su volumen para transportar T. D., que equivalen a 4.5 ton cortas de ésta (teniendo en cuenta otra vez la densidad aparente de los trozos, que hacen que su gravedad específica de 18.2 lb/p³ se pueda tomar como 14). Por lo tanto, si los 2 camiones trabajan alternadamente, cada 40' la Planta recibirá 9 ton cortas de material. Según el Flow-Sheet Cuantitativo, la Planta debe recibir por día 43 ton cortas; por lo tanto, en 191', o sea 3.2 horas, estará transportado todo el material a la Fábrica, tiempo teórico; por experiencias en casos similares, el tiempo real será un 50% mayor, % que asume todos los imprevistos que pudieran presentarse durante el transporte. El tiempo real que usen los dos camiones-volquetes en llevar el material del Campo

de Secado a la Planta de Calcinación será de 5 horas.

El cargado de los camiones se realizará con un Transportador Portátil de Faja, marca Pioneer, tipo ABC, con motor a gasolina de 5 HP, montado tanto la faja como el motor sobre llantas neumáticas; sus otras características son:

Largo de faja	30'
Ancho de faja	24"
Inclinación	Ajustable a necesidades
Capacidad	20 ton cts/hora

La faja debe ser capaz de cargar 4.5 ton cts en 15'.

PLANTA DE CALCINACION.-

Tiene dos partes bien definidas:

- 1) Circuito de T. D. cruda
- 2) Circuito de T. D. calcinada.

1) Circuito de T. D. cruda.- Comprende las siguientes operaciones unitarias:

- a) Almacenamiento y Pesada de Materia Prima.
- b) Primera Molienda de la Materia Prima.
- c) Segunda Molienda con sistema de Secado de Conducción Neumática.
- d) Alimentación del Horno Rotativo.
- e) Pesada y Almacenamiento de T.D. cruda.
- f) Recuperación del Material Fino llevado por los Gases.

2) Circuito de T. D. Calcinada.- Comprende el proceso de la reacción de la alúmina con la sílice para formar silicatos anhidros de Al y las siguientes operaciones unitarias:

- g) Enfriamiento de la T. D. calcinada.
- h) Disgregación de la T. D. calcinada con Conducción Neumática.
- i) Ensacado y Pesada del Producto Terminado.
- j) Almacenamiento del Producto Terminado.

a) Almacenamiento y Pesada de Materia Prima.-

Los camiones-volquete que traen la T. D. de 12% de humedad del Campo de Secado, descargarán directamente en el Depósito de Materia Prima de la Planta por medio de un conductor de gravedad o chute; para este efecto se construirá en la parte exterior, frente al Depósito, un camino elevado (unos 2m sobre el nivel del piso del Depósito, de modo que lo permita llenar a éste has-

ta unos 3m de altura). El Depósito estará provisto de un equipo de succión (campana, ventilador, tubería y Bag-House) que se llevará las partículas que queden flotando por la descarga; además, estará prohibido que los obreros permanezcan en este cuarto durante la operación de descarga.

El Depósito de Materia Prima será un cuarto de 15 m de ancho por 10 m de largo, estando aislado del resto de la Planta por sus paredes que llegarán hasta el techo; el piso será de concreto y la amplitud de su área es suficiente para que, con 1.5 m de altura en la mitad de su área, haya material suficiente para suplir las necesidades de un día de producción. En la otra mitad estarán la balanza y los dos Silos del Molino de Rodillos con sus montacargas.

Pesada.- La T. D. almacenada será puesta en bolsas y pesada en una Balanza de Plataforma (capacidad hasta 200 kg); el responsable de la cuadrilla llevará un registro del peso de cada bolsa que entra a proceso (cada bolsa 50 kg ap.), registro que será recogido al final de cada jornada de trabajo por un empleado de las Oficinas de Administración.

b) Primera Molienda de la Materia Prima.-

La T. D. que fué extraída con 5" de diámetro de la Cantera, al llegar a la Planta tendrá 4" de diámetro máximo debido al manipuleo, dado su carácter disgregable, aumentado al perder humedad en el secado. El Molino de Rodillos lo reducirá a 1/2", necesario para el de Martillos, que disgregará posteriormente la T. D.

Para esta Primera Molienda se usará un Molino de Rodillos con sus siguientes accesorios:

2 Silos de cuerpo cilíndrico y parte inferior en forma de tronco de cono invertido. Sus dimensiones son: diámetro de 3 m, altura de tronco cilíndrico de 2 m y 1 m de altura en el tronco del cono; volumen aproximado de cada uno: 16.5 m³ (más o menos 1 hora de producción del Molino). Estarán montados en una estructura de tubos de Fe y tendrán compuertas para graduar la alimentación al Molino con Alimentadores

de rodillos.

- 1 Montacargas para las bolsas de 250 kg de capacidad.
- 1 Plataforma de Alimentación, montada en la misma estructura de los Silos, en forma de pasillo de 1 m de ancho alrededor de ellos.
- 1 Criba tipo Grizzly de 4" para el material que entra en el Molino.
- 1 Criba de 1/2" para el que sale, de plancha de Fe agujereada, tipo estacionario.
- 2 Conductores de Gravedad o Chutes de 4 m de largo que lleven el material de los Silos al Molino. Sección 2'x2'.
- 1 Faja Transportadora, encerrada en caja de planchas de Fe de 1/4", provista de miradores. La faja será de 10 m de largo. Otras características:

Ancho	18"
Velocidad	300 p/min
Capacidad	9 ton cts/hora
HP	2.1
Marca	Pioneer

Nota.- Todos estos datos son para una densidad de 18.2 lb/p³.

De este equipo, los 2 Silos con su Montacargas y Plataforma estarán situados en el Depósito de Materia Prima y el Molino de Rodillos con sus cribas en un cuarto anexo, separado por una pared de 5 m de altura (que no llega al techo) teniendo piso de concreto corriente, con una base central adicional, también de concreto, de 1 m de espesor; el cuarto tendrá 5 m de ancho por 10 m de largo. Sobre el Molino se colocará una Campana de Succión como parte del equipo de Succión del Depósito de Materia Prima.

La T. D. de 12% alimentará los Silos mediante el Montacargas, que la subirá todavía en bolsas a la Plataforma, donde un obrero las vaciará en aquellos. Los Silos trabajarán alternadamente y estarán provistos de compuertas para regular la alimentación. La Criba de 4" será constantemente^{nte} vigilada por un obrero, que en caso de atoro parará las máquinas o mejor aún, romperá los trozos grandes de T. D. con un martillo de Pb. El material que sale, después de pasar la Criba de 1/2", cae en una faja horizontal, que lo deposita en el elevador de Canjilones de los silos del molino de Martillos. El material que no pase la 1/2", caerá por

plano inclinado en un carrito de madera, con forma de caja, con el que se le devolverá al Depósito.

Selección del Molino de Rodillos.- El material que se va a moler es T. D. de 12% de humedad, con el fin de reducir su diámetro de 4" a 1/2". Su capacidad será suficiente para reducir 42 ton cts/día (o sea 5.25 ton cts/hora) de las que se pierden por succión el 1% (0.5 ton cts/día) La gravedad específica del material será de 18,2 lb/p³. Por lo tanto, el volumen de éste será de 21.4 y³/hora.

Con estos datos, escogemos del Catálogo "Roll Crushers Pioneer" forma 530-A, el modelo 24 x 18 que llena las necesidades mencionadas antes y que tiene las siguientes características:

Tamaño	24 x 18
Rodillo: diámetro	24"
Rodillo: ancho	18"
Peso	8560 lb
Energía eléctrica	30-40
Superficie del Rodillo	Ambas dentadas
Reducción máxima	4"

Capacidades: material que pasa:	
1/4"	20 y ³ /hora
1/2	24
3/4	33
etc.	etc.

Análisis del tamaño del producto de 1/2" deseado:

1/2" pasando	85%	15% mayor que 1/2"
3/8	66%	19% entre 3/8 y 1/2
5/16	56%	10% 5/16 3/8
1/4	46%	10% 1/4 5/16
3/16	36%	10% 3/16 1/4
1/8	26%	10% 1/8 3/16
1/16	15%	11% 1/16 1/8

La capacidad para 1/2" que da el catálogo es de 24 y³/hora que cumple con 21.4 calculadas. En cuanto al análisis del producto de 1/2", hay que hacer notar que se refiere a un material duro y difícil de moler, típico de esta clase de Molino, y se ha mencionado sólo como referencia, a falta de mejores datos; por ejemplo, el porcentaje de diámetro mayor que 1/2" no pasará del 5%, y en cambio, el material fino será abundante, de ahí el uso de la Campana de Succión.

Nota.- Hasta este momento, todas las distintas operaciones explicadas, tanto dentro como fuera de la Planta, están calculadas para trabajar sólo una jornada de 8 horas al día. De aquí en adelante, el trabajo se hará en 3 turnos de 8 horas c/u al día, excluyendo las operaciones de ensacado y Almacén de Productos Terminados en general, que se hará en un solo turno o jornada de 8 horas.

c) Segunda Molienda con Sistema de Secado de Conducción Neumática.-

El material de 1/2" que viene para la segunda Molienda debe ser reducido a polvo fino con el fin de que la Calcinación de la T.D. como las reacciones químicas que en ella se producen sean completas y no sólo superficiales.

La faja que viene del Molino de Rodillos, deposita su carga en un elevador de canjilones, el que la deja en los chutes respectivos de los 2 Silos alimentadores del Molino de Martillos, de donde el material es tomado por el Sistema de Secado Neumático. Tanto el elevador como los 2 chutes están seleccionados para trabajar sólo 8 horas al día; en cambio los Silos, que son los elementos que asimilan el cambio, almacenarán material para 24 horas, de allí su gran tamaño. El Molino de Martillos pulverizará la T. D. sin romper sus esqueletos silicosos de Diatomeas, de donde una corriente de gases calientes del Horno Rotativo lo llevará, por una tubería aislada, a un equipo de 4 Ciclones, donde, al depositarse las partículas, alimentarán el Silo del Horno Rotativo. El material fino que no se deposite en los Ciclones, sigue viaje por otra tubería al Cuarto de Recuperación.

Descripción del Sistema de Secado de Conducción Neumática.-

En este tipo de Secado, la extracción de humedad se acompaña con un dispersamiento del material a secarse, con gas caliente, seguido con conducción a altas velocidades. Este sistema consiste esencialmente en:

- 1.- La sección que dispersa el material húmedo en los gases calientes.
- 2.- Un conducto (vertical en su mayor parte) por donde son llevados.
- 3.- Un sistema de colección del producto seco.

Este sistema tiene la ventaja de producir un material fino y seco en un solo paso, eliminando así el manipuleo adicional que se requiere cuando estas operaciones se hacen separadamente.

La sección conductora será un tubo vertical, de sección circular, en el que el sólido va dispersado por los gases calientes. Después de pasar por un Clasificador de aire, que quita impurezas, los primeros colectores son Ciclones, que pueden estar arreglados o no para clasificar las partículas en grandes y pequeñas. La acción de estos colectores será completada con filtros de bolsa.

La temperatura del gas de entrada es fijado o por la sensibilidad del material o por condiciones de la Planta. La temperatura del gas de salida, es tal que el secador tenga 2 o 3 Unidades de Transferencia.

Experiencias previas y pruebas de Secado deben ser hechas para hacer prácticos los cálculos teóricos. Desde que la molienda y clasificación son muy importantes, el sistema es frecuentemente hecho a las necesidades de cada material.

Temperaturas: Varían entre 300 y 1300°F; las más bajas son antieconómicas; la humedad inicial puede estar entre 3 y 90% (base húmeda). Las cantidades de aire requeridas se determinan por la humedad a extraer, la capacidad de t en el aire o gas y la cantidad de material a producir.

La relación de sólido a gas va normalmente de 0.05 a 1 lb/lb de gas, pudiéndose aumentar la carga con diseños cuidadosos.

La Velocidad de los Gases debe ser suficiente para cargar la

más grande partícula del sistema. Prácticamente, debe ser 100% más grande que la velocidad libre de caída de la partícula más grande; varía entre 50 y 200 p/seg.

El equipo auxiliar será: para la circulación, ventiladores de alta presión, desde que la caída de presión varía entre 8 y 25" de H₂O generalmente. Las chumaceras estarán protegidas de alta t y los ventiladores de t altas y de la acción abrasiva. Los ciclones estarán provistos de válvulas rotativas para descargar el producto a la tolva respectiva; estas válvulas darán un cierre positivo, pues el escape por el fondo del Ciclón disminuye severamente su eficiencia. Para prevenir embotellamientos del material, se usan vibradores sobre estas válvulas. Para evitarse pérdidas de calor excesivas, el sistema debe ser aislado. Los colectores de bolsa se recomiendan del tipo de vaciado continuo, para mantener la continuidad del sistema.

El secador se controla manteniendo la t del gas de salida constante, ajustando la t de entrada para las diferentes demandas del ciclo. También la velocidad de alimentación será guardada tan constante como se pueda, usando un alimentador rotativo. La eficiencia térmica varía entre 65% y 75% para gases con más de 800°F, bien aislado.

Tiempo de Secado. - Para ello usamos la siguiente fórmula, recomendada en el Manual de J. Perry:

$$\theta = \frac{\rho_s (D_p)^2 (W_1 - W_2) \Delta}{12 K_f (\Delta t)_m} \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

$\rho_s = 18.2 \text{ lb/p}^3$ (gravedad específica)

$D_p = 0.00655''$ (malla 10)

$W_1 = 0.136 \text{ lb H}_2\text{O/lb TD}$ (entrada)

$W_2 = 0.0204 \text{ id. id.}$ (salida)

$K_f = x \text{ BTU-p/hr.p.}^2 \text{ }^\circ\text{F}$ (por determinar)

$(\Delta t)_m = 287^\circ\text{F}$ (logaritmico) Base: material: entra 65°F
sale 115°F

$\Delta = 970 \text{ BTU/lb (H}_2\text{O)}$ gas: entra 965°F
sale 160°F

Determinación de K_f . - De la determinación de los Productos de Combustión del Horno de Calcinación, habrá por lb de petróleo:

	Peso	% por peso
CO ₂	3.15 lb	9.8
H ₂ O	1.26 lb	3.9
N ₂	11.43 lb	35.7
<u>Aire</u>	<u>16.25 lb</u>	<u>50.6</u>

Total: 32.09 lb gases 100.03

Por otro lado, Badger & McCabe (pag. 638) nos da las conductibilidades térmicas de los gases a 32°F. A 965°F serán:

$$k \text{ CO}_2 = 0.0079 / (965 - 32) \times 0.00002 \\ = 0.02656$$

$$k \text{ H}_2\text{O} = 0.0085 / (965 - 32) \times 0.000023 \\ = 0.02996$$

$$k \text{ N}_2 = 0.0131 / (965 - 32) \times 0.00002 \\ = 0.03176$$

$$k \text{ aire} = 0.0129 / (965 - 32) \times 0.00002 \\ = 0.03156$$

Multiplicando cada k hallado por sus respectivos porcentajes por peso y sumándolos, se obtiene la Conductibilidad Térmica deseada K_f :

$$K_f = 0.0311 \text{ BTU-p/hr.p}^2.\text{°F}$$

Reemplazando este valor en la fórmula (1), así como también los otros valores ya especificados, y efectuando las operaciones, hallamos el Tiempo de Secado para esas condiciones:

$$\theta = 0.00082 \text{ horas}$$

Velocidad del Aire. - Del Manual de la B. F. Sturtevant Co. de Boston, Mass., EE. UU., se usa la siguiente fórmula:

$$V = \frac{15,000 \times G \times \sqrt{D}}{(G / 1)}$$

Donde V = Vel. del gas en p/min

G = Grav. Esp. real del sólido (2.1)

D = Diam de partícula en pulg (malla 10)

Reemplazando valores:

$$V = 2860 \text{ p/min}$$

Se asume a 3000 p/min., por ser la mínima recomendada.

Longitud del Conducto Vertical.- Del mismo manual,

$$L = \theta \cdot V$$

$$= 0.00082 \times 3,000 \times 60$$

$$L = 147.5 \text{ pies}$$

De igual modo, para otras mallas o diámetros de partícula, hallamos sus tiempos respectivos de secado (θ) y longitudes de tubo vertical (L):

Malla	Diámetro en pulgadas	Tiempo de Secado (θ) en horas	Longitud de Tubo (L) en p
10	0.0787	0.00082	147.5
<u>20</u>	<u>0.0331</u>	<u>0.000145</u>	<u>26.2</u>
30	0.0232	0.0000715	12.85
40	0.0165	0.000036	6.5
50	0.0117	0.0000181	3.26

Conclusión.- Se usará una longitud de tubo vertical suficiente para secar hasta malla 20 (valores subrayados). Las partículas más grandes no serán arrastradas por los gases y las pocas que lo sean, serán interceptadas en el Clasificador de Aire.

Cantidad de Gases Calientes.- La fuente de los gases calientes será el Horno Rotativo de Calcinación. De los cálculos de dicho Horno, base Cuantitativa de este Proyecto, se tiene que éste botará

$$1.1116 \text{ lb-mol de gases/lb de petróleo a } 965^{\circ}\text{F}$$

Como 1 lb-mol ocupa 359 p^3 en condiciones normales y como por hora nuestro horno quemará 145 lb de petróleo, al considerar los efectos del cambio de t y despreciar p , tenemos:

$$G = 359 \times \frac{(965 - 460)}{492} \times 1.1116 \times 145.$$

$$G = 168,000 \text{ p}^3 \text{ de gases calientes/hora}$$

Diámetro de Tubería.- Sabemos que:

$$G = 168,000 \text{ p}^3/\text{hr}$$

$$V = 3,000 \text{ p}/\text{min} = 180,000 \text{ p}/\text{hr}$$

Por lo tanto el área será:

$$A = \frac{G}{V} = 0.935 \text{ p}^2$$

De donde el diámetro teórico es 1.09 p, que más un 20% da el diámetro práctico:

$$D = 15''$$

Peso molecular del gas.- Por cada lb de petróleo, saldrán 32.1 lb de gases.

Por lo tanto, el Peso Molecular será:

$$P_m = \frac{32.1}{1.1116}$$

$$P_m = 29$$

Relación de Sólido a Gas.- En una hora, entrarán al sistema:

$$\frac{41.5}{24} \times 2,000 = 3,460 \text{ lb de T. D. } 12\% \text{ humedad}$$

-En una hora, saldrán del horno:

$$32.1 \times 145 = 4,660 \text{ lb de gas}$$

Por lo tanto, la relación de sólido a gas será:

$$0.74 \text{ lb T. D. } 12\% / \text{lb de gas}$$

que está entre los límites ($0.05 < 0.74 < 1$) recomendados

Relación de gas a Sólido.- Tenemos 168,000 p³ de gas y 3,460 lb de T. D. La relación será:

$$48.6 \text{ p}^3 \text{ de gas/lb de T. D. } 12\% \text{ de humedad}$$

que está dentro de los límites de 100 p³/lb de mat liviano a 35 p³, lb mat pes. recomendados por la Sturtevant.

Producción.-

Entran al sistema por hora: 3,460 lb de T. D. de 12% de humedad

Salen del sistema por hora

a.- Agua evaporada del material que entra con 12% y sale con 2% de humedad.

Base: 100 lb de T. D. a la entrada. Tendrán 88 lb de T.D. y 12 lb H₂O.

A la salida, esas 88 lb tendrán sólo:

$$\frac{88 \times 2}{98} = 1.8 \text{ lb H}_2\text{O}$$

Por 100 lb de entrada, se habrán evaporado $12 - 1.8 = 10.2$ lb

Por 3,460 lb se evaporarán:

$$\frac{3,460 \times 10.2}{100} = 353 \text{ lb de H}_2\text{O}$$

Agua evaporada por hora: 353 lb

b.- Pérdidas en el Clasificador de Aire, que consistirá principalmente en arena, adquirida en el Campo de

Secado y que llega al 3%: 104 lb de mat pesado/hora.

- c.- T. D. fina que se recupera en los filtros de Bolsa (Bag House) que llega al 2%: 69 lb de finos/hora
- d.- Producto que entrega el sistema con 2% de humedad; será la diferencia de lo que entra (3.460) y las salidas a (353), b (104), y c (69):

Producto: 2,934 lb/hr (1.465 ton cts/hr) del que el 77.5% (27.2 ton cts/día) irán a Calcinación y el 22.5% restante (8.1 ton cts) a ensacado directamente como T. D. cruda.

Balance de Calor.-

Este Balance sólo tiene el fin de dar unas ideas sobre el uso del calor aportado al sistema por los gases calientes que vienen del Horno Rotativo y la eficiencia térmica del citado sistema, estando basado el Balance en la ley de la Conservación de la Energía, por el que los BTU aportados al sistema serán iguales a los llevados de éste.

Dan calor al Sistema:

- 1.- Calor traído en los gases del Horno de Calcinación.

Llevar el calor fuera del Sistema:

- 2.- Evaporación de H₂O
- 3.- Calor que se lleva el Producto al salir del Sistema.
- 4.- Calor que se llevan los gases de salida.
- 5.- Pérdidas a través del Sistema.

Base:

Material:

Entra: 3,460 lb/hr, a 65°F, con 12% de humedad.

Sale: 2,934 lb/hr, a 115°F, con 2% de humedad.

Gases:

Entran: 4,660 lb/hr, a 965°F

Salen: 4,660 lb/hr, a 160°F

H₂O evaporada: 353 lb/hr

Flujo de los gases y material en igual sentido.

Relación de Sólido a Gas: 0.74

Número de Unidades de Transferencia de Calor:

$$\# = \frac{965 - 160}{\frac{(965 - 65) - (160 - 115)}{2.3 \log \frac{(965 - 65)}{(160 - 115)}}$$

$$\# = 2.8$$

dentro de los límites recomendados, 2 y 3

1.- Calor traído en los gases del Horno de Calcinación.-Estos gases de combustión vienen a 965°F y tienen la siguiente composición (por lb de petróleo quemado) y Capacidades Caloríficas:

	<u>Composición</u>	<u>Cap. Cal. en BTU/lb. °F</u>
CO ₂	3.15	0.244
H ₂ O	1.26	0.51
N ₂	11.432	0.258
N ₂ (exceso)	12.51	
O ₂ (exceso)	<u>3.74</u>	0.227

32.092 lb gases/lb pet.

La cantidad de calor que traen los gases, será:

$$Q_{CO_2} = 3.15 \times 0.244 \times (965 - 65) = 693$$

$$Q_{H_2O} = 1.26 \times 0.51 \times (965 - 65) = 576$$

$$Q_{N_2} = 23.942 \times 0.258 \times (965 - 65) = 5,560$$

$$Q_{O_2} = 3.74 \times 0.227 \times (965 - 65) = \underline{764}$$

$$Q_t = 7,593 \text{ BTU/lb de petróleo}$$

Como en el horno se va a usar 145 lb de pet/hr:

$$Q_T = 7,543 \times 145$$

$$Q_T = 1,100,000 \text{ BTU/hr}$$

2.- Evaporación de H₂O.- El agua necesita Calor para 2 cosas:

a.- Elevar su temperatura de 65°F a 212°F:

$$Q_a = 353 \times (212 - 65) = 52,000 \text{ BTU}$$

b.- Calor Latente de Evaporación:

$$\frac{Q_b}{Q_T} = 353 \times 970 = \frac{342,000}{394,000}$$

Por lo tanto:

$$Q_T = 394,000 \text{ BTU/hr.}$$

3.- Calor que se lleva el producto al salir del sistema (incl.

pesados y finos):

$$Q_T = \frac{453.7 \times 0.23 \times (46.2 - 18.2)}{252} = 11.6 \text{ BTU/lb}$$

$$Q_T = 11.6 \times 3,460$$

$$Q_T = 40,200 \text{ BTU/hr}$$

4.- Calor que se llevan los gases de salida: Los gases salen a 160°F con la misma composición de la entrada y las siguientes nuevas Capacidades Caloríficas:

$$\text{CO}_2 \quad 0.216 \text{ BTU/lb.}^\circ\text{F}$$

$$\text{H}_2\text{O} \quad 0.435 \text{ id}$$

$$\text{N}_2 \quad 0.251 \text{ id}$$

$$\text{O}_2 \quad 0.219 \text{ id}$$

Por lo tanto

$$Q_{\text{CO}_2} = 3.15 \times 0.216 \times (160 - 65) = 65$$

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = 1.26 \times 0.435 \times (160 - 65) = 52$$

$$Q_{\text{N}_2} = 23.942 \times 0.251 \times (160 - 65) = 575$$

$$Q_{\text{O}_2} = 3.74 \times 0.219 \times (160 - 65) = 78$$

Sumando los Q de los distintos gases:

$$Q_T = 770 \text{ BTU/lb de pet}$$

En una hora:

$$Q_T = 770 \times 145$$

$$Q_T = 112,000 \text{ BTU/hr}$$

5.- Pérdidas a través del Sistema.- Comprende dos partes:

a.- A través del Conducto de Secado aislado:- Se considera que el flujo de calor a través de las paredes de éste ya es constante. Por lo tanto, la cantidad de calor (q) que pase por las paredes de la tubería y del aislante de asbesto que llevará ésta, será toda prácticamente por Conducción, siguiendo la ley de Fourier:

$$\frac{dQ}{d\theta} = -KA \frac{dt}{dL}$$

Como el flujo es constante, $\frac{dQ}{d\theta}$ lo es también, pudiendo ser reemplazada por q; llevando la ecuación ante-

pesados y finos):

$$Q_T = \frac{453.7 \times 0.23 \times (46.2 - 18.2)}{252} = 11.6 \text{ BTU/lb}$$

$$Q_T = 11.6 \times 3,460$$

$$Q_T = 40,200 \text{ BTU/hr}$$

4.- Calor que se llevan los gases de salida: Los gases salen a 160°F con la misma composición de la entrada y las siguientes nuevas Capacidades Caloríficas:

$$\text{CO}_2 \quad 0.216 \text{ BTU/lb.}^\circ\text{F}$$

$$\text{H}_2\text{O} \quad 0.435 \text{ id}$$

$$\text{N}_2 \quad 0.251 \text{ id}$$

$$\text{O}_2 \quad 0.219 \text{ id}$$

Por lo tanto

$$Q_{\text{CO}_2} = 3.15 \times 0.216 \times (160 - 65) = 65$$

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = 1.26 \times 0.435 \times (160 - 65) = 52$$

$$Q_{\text{N}_2} = 23.942 \times 0.251 \times (160 - 65) = 575$$

$$Q_{\text{O}_2} = 3.74 \times 0.219 \times (160 - 65) = 78$$

Sumando los Q de los distintos gases:

$$Q_T = 770 \text{ BTU/lb de pet}$$

En una hora:

$$Q_T = 770 \times 145$$

$$Q_T = 112,000 \text{ BTU/hr}$$

5.- Pérdidas a través del Sistema.- Comprende dos partes:

a.- A través del Conducto de Secado aislado:- Se considera que el flujo de calor a través de las paredes de éste ya es constante. Por lo tanto, la cantidad de calor (q) que pase por las paredes de la tubería y del aislante de asbesto que llevará ésta, será toda prácticamente por Conducción, siguiendo la ley de Fourier:

$$\frac{dQ}{d\theta} = -KA \frac{dt}{dL}$$

Como el flujo es constante, $\frac{dQ}{d\theta}$ lo es también, pudiendo ser reemplazada por q; llevando la ecuación ante-

rior a las condiciones de nuestro problema, tenemos que se convierte en:

$$q = \frac{2.73N k \Delta t}{\log(D_2/D_1)}$$

donde N es largo de Tubería en pies; k es Conductibilidad Térmica Media en BTU/hr.p².°F/pie, cuyo valor es 0.065 para un fieltro de asbesto laminado de 20 láminas/pulg., a 500°F de temperatura media; Δt es la dif. entre la temperatura media aritmética (965° y 160°) y la ambiente (65°); D₁ es el diámetro del tubo en pies y D₂ es el diámetro incluyendo aislante. Dando valores:

$$q = \frac{2.73 \times 30 \times 0.065 \times 500}{\log \left(\frac{1.415}{1.25} \right)}$$

$$q = 50,000 \text{ BTU/hr}$$

b.- A través del resto del equipo no aislado:- Según experiencias anteriores, debe consumir del 40 al 50% del Calor entregado al Sistema. En este caso, se halla como la diferencia entre el Calor traído por (1) y la suma de los Q (2), (3), (4) y (5a).

$$Q_b = 1,100,000 - (394,000 \neq 40,200 \neq 112,000 \neq 50,000)$$

$$Q_b = 503,800 \text{ BTU/hr}$$

porcentaje que constituye el 46% del Calor traído por los gases del Horno de Calcinación.

Rendimiento Térmico.- Será de casi 40%, considerando los items (2) y (3) como útiles.

Selección del Equipo de Molienda.- El material que se va a disgregar es T. D. todavía con 12% de humedad, con el fin de reducir su diámetro de 1/2" a polvo fino (malla 100 como término medio). 41.5 ton cts/día entrarán al Sistema (1.73 ton cts/hr excepto el elevador y los chutes que alimentan los Silos que transportarán 5.2 ton cts/hr sólo durante 8 horas) de las que 4.3 se pierden como H₂O evaporada, 1.25 quedan en el Clasifica-

dor de Aire y 0.75 van al filtro de Bolsa; por lo tanto salen del Sistema 35.3 ton cts/día (1.47 ton cts/hr). La gravedad específica de entrada será 18.2 lb/p³ y la de salida de 16.3 lb/p³.

Para esta Segunda Molienda, se usará un Molino de Martillos y sus accesorios, que son:

- 1 Elevador de Canjilones de 23 p (7m) de altura, de la Stephens-Adamson Man. Co., tamaño 18 x 15, con una capacidad de 5.5 a 7.5 ton cts/hr, velocidad de 30 a 40 p/min y un peso de 2225 lb. Motor de 5HP.
- 2 Chutes de 1 m de largo, de 1' x 2' de sección.
- 2 Silos Alimentadores del Molino de Martillos de 140 m³ c/u, de forma igual al de los del Molino de Rodillos, con un diámetro de 6m, altura del tronco de cilindro de 4.5 m y 1 m la altura del tronco de cono. Cada tolva estará montada en una estructura de tubos de Fe, a la que estará sujeta firmemente por pernos; la altura de la boca inferior con respecto al suelo será de 1.50 m, para dar ángulo suficiente al Chute alimentador del Martillo. Cada silo contará con una entrada de hombre en su parte superior (para reparaciones) con tapa de cierre hermético.

Estas tolvas están calculadas para que cada una de ellas pueda ser fuente de alimentación por 24 horas ininterrumpidas; es decir constituyen el nexo entre la producción de una jornada de 8 horas/día y la de 3 jornadas de 8 horas/día.

Para homogeneizar y regular la alimentación al Martillo, se usará alimentadores rotativos y compuertas.

- 2 Chutes de 3 m de largo, 1 x 1 pies de sección
- 1 Molino de Martillos Jeffrey, tipo 15 x 18 "A", con una producción de 2 a 3 ton cts/hr para las condiciones y características del material que se está considerando, necesitando una potencia de 7 a 9 HP.

El análisis de malla ofrecido por la Jeffrey Co., da 80% pasando malla 10, 72% pasando malla 20, 61% pasando malla 35, 54% malla 65 y 49% malla 100.

Selección del Equipo de Secado Neumático propiamente dicho.-

Antes de proceder a escoger este equipo, se va a determinar las

características del ventilador necesario así como su potencia.

Cálculo del Ventilador del Sistema.-

Datos:

Velocidad de los gases	3,000 p/min
Diámetro de tubería	15"
Gasto	2,800 p ³ /min (168,000p ³ /hr)
Largo de la tubería	250'
Cantidad de codos	12
Cantidad de Molinos	1
Cantidad de Ciclones	5 (incl. el Clasificador)
Cantidad de Filtros de Bolsa	1

a) Presión de Velocidad:

$$P_V = \frac{v^2}{(4.004)^2} \quad \text{(Esta fórmula es para gases de densidad igual a la del aire. El gas del problema tiene densidad menor pero el sólido que lleva la equilibra)}$$

$$= \frac{(3,000)^2}{4,004^2}$$

$$P_V = 0.56" \text{ de H}_2\text{O}$$

b) Pérdida Continua:

$$P_1 = \frac{0.75fL(V)^{1.84}}{(4,004)^{1.84} D^{1.31}}$$

$$= \frac{0.75 \times 0.0192 \times 250 (3,000)^{1.84}}{(4,004)^{1.84} \times (1.25)^{1.31}}$$

$$P_1 = 1.58" \text{ de H}_2\text{O}$$

c) Pérdidas Localizadas:

$$P_2 = \frac{P_1 \times 70D}{100} \quad \text{(Para R/D = 1, el largo equivalente es de 70D)}$$

$$= 1.38" \text{ de H}_2\text{O/codo}$$

$$P_2 = 16.6" \text{ de H}_2\text{O (para los 12 codos)}$$

d) Pérdidas en el Martillo y en el Filtro de Bolsa: Se asume equivalente a dos codos:

$$P_3 = 2.76" \text{ de H}_2\text{O}$$

e) Pérdidas en los Ciclones y en el Clasificador de Aire: La velocidad Mínima necesaria para levantar una partícula esférica se halla con la siguiente fórmula:

$$V = 15,000 \frac{G \sqrt{VD}}{G \cdot l}$$

donde V está en p/min; G es densidad aparente; D es diámetro de partícula en pulgadas.

Usando esta fórmula en el Clasificador de Aire ;

$$V_1 = 15,000 \times \frac{2.1}{3.1} \times \sqrt{0.0117}$$

$$V_1 = 1,095 \text{ p/min}$$

En el Ciclón de mallá 50;

$$V_2 = 15,000 \times \frac{0.3}{1.3} \times \sqrt{0.0117}$$

$$V_2 = 375 \text{ p/min}$$

En el ciclón de mallá 100;

$$V_3 = 15,000 \times \frac{0.3}{1.3} \times \sqrt{0.0059}$$

$$V_3 = 267 \text{ p/min}$$

En el Ciclón de mallá 150;

$$V_4 = 15,000 \times \frac{0.3}{1.3} \times \sqrt{0.0039}$$

$$V_4 = 217 \text{ p/min}$$

En el Ciclón de mallá 200;

$$V_5 = 15,000 \times \frac{0.3}{1.3} \times \sqrt{0.0029}$$

$$V_5 = 187 \text{ p/min}$$

Las pérdidas que hemos visto en velocidad, se pueden asumir como pérdidas por Expansión, aplicándose entonces la siguiente fórmula:

$$P = \frac{(V_1 - V_2)^2}{(4,004)^2}$$

Entonces, las pérdidas de presión en los distintos Ciclones y Clasificador para los valores respectivos de V_2 , serán los siguientes:

	V_2	P (pulg de H ₂ O)
Clasificador	1,095	0.22
Ciclón mallá 50	375	0.42
Ciclón mallá 100	267	0.45
Ciclón mallá 150	217	0.47
Ciclón mallá 200	187	0.48
Total:		<u>2.04</u>

Como al salir del ciclón van a haber pérdidas semejantes por la compresión de los gases, la pérdida total será el doble de la hallada. Por lo tanto:

$$P_4 = 4.08 \text{ " de H}_2\text{O}$$

Nota.- La Clasificación por mallá no es necesaria en este paso del Proceso.

La Presión Estática del Ventilador será:

$$P_T = P_V + P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$

$$P_T = 25.58 \text{ " de H}_2\text{O}$$

Procediendo a la Selección del Equipo, se necesita para esta operación de Secado Neumático, lo siguiente:

- 1 Clasificador de Aire Sturtevant, diseño #1, tamaño 6, de las siguientes características:

Altura total	7' 10 y 5/8"
Diámetro superior	2' 6"
Diámetro de Descarga	4"
Altura con diam. sup.	15"
Peso	65 lb
Producción Máxima	500 lb/hr (se necesita menos de 200).

- 30' Tubería de 6" diámetro y 1 Dep. de 1 m³ (1x1x1m) para arena.

- 4 Ciclones Sturtevant, diseño #1, tamaño 10, con las siguientes características:

Altura total	11' 6 y 1/4"
Diámetro superior	4' 2"
Diámetro de descarga (boca)	10"
Altura con diam. sup.	2' 4"
Peso	200 lb
Producción	2,000 lb/hr

- 1 Ventilador Planovane, de succión, diseño 3A, de la B. F. Sturtevant Co. de Mass., EE. UU., especial para Conducción Neumática. Sus características son:

Tamaño	80
Diam. Máximo de Tubería	30"
RPM	1117
CFM	2930
Motor considerado en	30.HP

- 1 Filtro de Bolsa Rec. de Mat. Fino
250 pies de tubería de 15" de diámetro, con 12 codos, con 30' de aislamiento de asbesto laminado de 4" de espesor.

Nota.- Con el carácter de repuesto se tendrá otro Molino de Martillos de iguales características que el descrito. Dicho Molino, así como el Ventilador, estarán provistos de sus respectivos motores.

d) Alimentación del Horno Rotativo.-

El material es descargado de los Ciclones con 2% de humedad a un Silo por medio de sus respectivos chutes. En la parte inferior de este Silo habrá un conductor de tornillo, herméticamente aislado, que descargará en un conductor de gravedad o chute que alimentará el Horno Rotativo. Parte del material del Silo se usará para alimentar una tolva ensacadora de T. D. cruda, situada en

el Cuarto de Recuperación de Material Fino.

Para esta operación, se necesitará el siguiente equipo:

- 1 Chute de 1 m de altura y una sección de 2' x 2'
- 1 Silo de 100 m³ de capacidad, de forma igual a los encontrados anteriormente, con un diámetro de 6 m, altura del tronco de cilindro de 3 m, y 1 metro la altura de tronco de cono invertido. Igualmente, estará montado en una estructura de tubos de Fe a la que estará empernada. La altura de la boca de descarga, será de 6 m, para poder alimentar por gravedad (parcialmente por gravedad) el Horno Rotativo. También contará el Silo con accesorios como la entrada de hombre y las válvulas de compuerta (para la alimentación) con su Alimentador rotativo de Paletas.
- 1 Tornillo de 3 m de largo y capacidad de 2 a 3 ton cts por hora.
- 1 Chute de 3 m de largo y 1' de diámetro (sección circ.)
- 1 Chute de 5.5 m de largo y sección de 1' x 1'.
- 1 Tolva ensacadora de T. D. cruda que se verá en el ítem respectivo.

El Silo, cuyas características se acaban de dar, entregará al Horno 27.2 ton cts/día, o sea, 1.13 ton cts/hr, trabajando en este sentido, las 24 horas del día; las 8.1 ton cts restantes son para la tolva ensacadora de T. D. cruda, trabajo que se hará en un solo turno de 8 horas, a un ritmo de 1.01 ton cts/hr. La capacidad del Silo en peso de material (65,000 lb) le permite, con sólo la mitad de ella, tener reservas para 8 horas de trabajo, las 8 horas en que se alimente la tolva de la tierra cruda.

e) Pesada y Almacenamiento de T. D. cruda.-

8.1 ton cts de T. D. con 2% de humedad vendrán diariamente a la tolva ensacadora, capaz de contener más de 25,000 lb de ese material, la que lo pondrá en bolsas de papel doble, las que a su vez serán pesadas en una balanza de plataforma, cerradas y enviadas al Almacén de Productos Terminados en plataformas, movidas a mano por medio de gatas con ruedas; estas plataformas fácilmente pueden llevar 10 bolsas de 50 kg c/u.

La Tolva Ensacadora tendrá un volumen de 40 m³, siendo su producción diaria de 150 bolsas de 50 kg c/u (16,000 lb). Las bolsas

serán de papel doble, de 6 a 7 p³ netos de capacidad, de manufactura nacional; una vez llenadas, serán cerradas herméticamente con varios dobleces de 2" c/u en una pequeña máquina cosedora, no permitiéndose así el escape de polvo, ni la adquisición de humedad por el material seco.

Las bolsas de T. D. cruda llevarán una tarjeta identificatoria alusiva, para evitar confusiones en el Almacén de Productos Terminados.

Para esta operación se necesitará el siguiente equipo:

- 1 Tolva Ensacadora de 40 m³ de volumen, que le da una capacidad teórica de 25,600 lb; su producción normal será de 16,000 lb/día. Sus otras características serán: 4m de diámetro, 3 m de altura de tronco de cilindro y 1 m de tronco de cono invertido, montado todo en una estructura de tubos de Fe. Estará provisto en su base inferior de un accesorio ensacador accionado a mano.
- 1 Balanza de Plataforma de 100 kg de capacidad.
- 4 Plataformas para el transporte, del tipo descrito.
- 2 Gatas transportadoras, del tipo de pedal.

La operación del ensacado se realizará en el Cuarto de Recuperación de Material Fino, siendo luego transportado a almacenarse a Productos Terminados, de allí la necesidad de transportar las bolsas por medio de plataformas, (de madera y de hechura sencilla) que pueden ser hechas en la fábrica misma.

f) Recuperación del material fino llevado por los gases.-

Para el efecto se contará con un cuarto de 20 m de largo por 6 m de ancho donde además de los Filtros de Bolsa de recuperación de material fino, se encontrará la Tolva Ensacadora de T. D. cruda, de la que ya se ha hablado.

El cuarto tendrá los siguientes Filtros de Bolsa:

- 1.- Para recuperar material fino de los gases calientes que

han trabajado en el secado con conducción neumática: De las 41.5 ton cts que entran diariamente a este secado, el 2%, convertido en material demasiado fino para ser precipitado por los ciclones, será recuperado en un Filtro de Bolsa, equivaliendo este 2% a 0.75 ton cts./día.

- 2.- Para el material fino de la tercera molienda: De las 24.5 ton cts/día que salen del horno de calcinación el 0.5% será recuperado en su respectivo Filtro de Bolsa, lo que equivale a 250 lb/día.
- 3.- Para los finos procedentes de la succión del Depósito de Materia Prima y del Molino de Rodillos: A la Planta llegarán 42 ton cts/día, de las que se considera que aproximadamente el 1% es llevado por la succión debido a las condiciones de la descarga desde los camiones, que equivale a 0.5 ton cts/día.
- 4.- Para los finos provenientes de las Campanas de Succión del ensacado de la T. D. calcinada (producto terminado): Se considera que de esta operación se recupera 250 lb/día.

Selección del equipo.- Se necesitará lo siguiente:

- 150 p de tubería de 9" de diámetro (para el item 3).
- 2 campanas de succión (para el item 3).
- 100 p de tubería de 9" (para el item 4).
- 1 campana de succión (para el item 4).
- 1 ventilador (para el item 1) cuyas características ya se han dado al describir el equipo necesario para el secado neumático.
- 1 ventilador (para el item 3) de las siguientes características:

fabricante	B.F. Sturtevant Co. Mass
tipo	Monogram diseño 3(a succión)
tamaño	5
Diámetro máximo de tubería	12"
r p m	1,720
c f m	2,500
HP	5

1 ventilador (para el ítem 4) de iguales características que el anterior.

1 ventilador (para el ítem 2) cuyas características se verán al hablarse de la Tercera Molienda.

4 Filtros de Bolsa de manufactura nacional, del tipo de descarga intermitente y a mano.

El cuarto de recuperación de material fino estará limitado por paredes de 5 m de alto y provisto de techo aligerado (Ver plano).

Circulación de los gases calientes del secado neumático.- Estos gases son producidos en la Cámara de Combustión del Horno Rotativo, recibiendo éste el aire necesario por medio del Enfriador (succión natural). De ahí pasan por el Horno Rotativo mismo, al salir del cual son tomados por la presión de vacío del Ventilador del Sistema de Conducción Neumática, que los lleva a través del Molino de Martillos donde después de recoger el material lo seca al transportarlo por una tubería vertical, le quita las impurezas pesadas (generalmente arena) con un Clasificador de Aire, para luego depositarlo ya con 2% de humedad en un Equipo de 4 Ciclones que trabajan en serie. Los gases ya siguen solamente con el material fino, al cual dejan en un Filtro de Bolsa, del que, al salir, pasan por el Ventilador mismo, el que los entrega al Sistema de Transporte Neumático de T. D. calcinada.

Circulación de los gases que transportan la T. D. calcinada.-

Los gases usados para transportar esta T. D. proveniente de la tercera molienda son tomados del Ventilador del sistema anterior (Secado Neumático), pues, a pesar de tener relativamente baja temperatura, son superiores al aire del ambiente y además, se evita así el botar a la atmósfera el material fino que pudiera haber atravesado el Filtro de Bolsa de dicho sistema. La succión es producida por otro Ventilador cuya presión estática es suficiente para hacerlos pasar por el Molino de Martillos de la tercera molienda donde recogen la T. D. calcinada para depositarla, ya clasifi-

cada por tamaño de partícula, en el segundo equipo de Ciclones que también trabajan en serie; los gases siguen, impulsados por el mismo Ventilador hasta el Filtro de Bolsa del sistema, situado en el cuarto de recuperación de material fino, al salir del cual pasan por el Ventilador mismo, el que finalmente los enviará a la atmósfera.

2) CIRCUITO DE T. D. CALCINADA.-

El principal fin de la Calcinación que se va a realizar en el Horno Rotativo es la transformación de la Alúmina, de la forma de hidróxido con carácter gelatinoso en que se encuentra, a la de Silicatos Anhidros de Alúmina, lo que se consigue por medio de la descomposición del hidróxido, por calor, en óxido y agua. La primera reacción (descomposición) es endotérmica y la segunda (formación de silicatos), que necesita 1,000°C para iniciarse, es exotérmica. Esta es sólo una idea general del motivo de la calcinación; mayores detalles se encontrarán más adelante en el balance del calor del Horno Rotativo.

Horno Rotativo de Calcinación.-

El horno escogido es el de tipo rotativo, con inclinación de producción continua, el que usará combustible líquido existente en el país (petróleo industrial que produce la International Petroleum Co.). El combustible al quemarse produce gases, que son los que calientan la carga, además de todo el cuerpo del mencionado horno.

Generalidades.- Este tipo de Horno fué inventado en 1873 por F. Ransom, ingeniero inglés, pese a lo cual los primeros intentos de realizar la utilización industrial de este invento en su país no tuvieron éxito; en cambio, en EE. UU. la Atlas Portland Cement Co. inició con éxito su explotación, resolviendo así el problema del cemento importado de Europa, al ponerlo más barato, aún considerando que la mano de obra en el Viejo Continente era más barata.

Este nuevo tipo de calcinación requirió mejor molienda del material a quemar, siendo los combustibles más usados actualmente carbón (pulverizado y mezclado con la materia prima) y petróleo industrial.

El Horno Rotativo consiste en un cilindro de 6 a 12 pies de diámetro con 60 a 250 pies de largo, hecho de acero laminado de 0.5 a 0.75" de espesor y forrado interiormente con ladrillo refractario; tiene una inclinación de $3/16$ a $3/4$ " / pie de horno, y el cilindro gira con una velocidad de 25 a 40 pies/minuto, o sea, en forma general, 1 a 2 rpm, movimiento generado por engranajes cerca siempre de la parte más alta del horno con potencia recibida de un motor generalmente propio. Las dimensiones de este Calcinador deben estar entre las proporciones de longitud de 1.5 a 5 veces el cuadrado del diámetro interior, concepto que, como los anteriormente mencionados, ha servido para la determinación correcta de las características del Horno que figura en este proyecto. Otra cosa importante es que la carga ocupará entre el 3 y el 12% (por volumen) del total del cilindro (se considera sólo el volumen interior del cilindro).

El material se alimenta de manera regular, ya sea por una tubería inclinada de fierro que recibe el material o por un tornillo horizontal. La conexión del alimentador se hace de tal modo que al parar la rotación del horno se interrumpe ésta también. Una vez alimentado, el material avanza por el interior debido a la inclinación y el movimiento rotativo, estando la relación entre estas variables determinada por una fórmula que se usará oportunamente.

El material ya quemado cae del extremo más bajo del horno que está cerrado por una Cámara de Combustión (forrada interiormente con ladrillos refractarios), que es móvil con el fin de facilitar las reparaciones del horno. Esta Cámara estará provista de dos aber-

turas: una para la entrada del quemador y la otra para control de operación, temperatura, etc. Además, por su parte inferior dejará caer el producto a un Enfriador Rotativo por medio de un chute. El aire que necesita el quemador será también tomado en la Cámara de Combustión por medio de un ventilador en el punto en que ésta se encuentra con el enfriador.

Factores que afectan la cantidad de pérdida de calor.- Debe ser claro que el calor tiende a fluir de una región de alta temperatura a otra de baja, perdiendo así su valor para ser usado, de igual modo que pasa con la electricidad de alta potencia, que se disipa a menos que se use adecuado aislamiento. En la pérdida de calor de la pared de un horno se comprende dos partes: Primero, la transmisión de calor a través de la pared hasta su cara exterior y segundo, la entrada de este calor de dicha superficie exterior al aire, que se lo lleva. No puede ser transmitido más calor a través de la pared, en el punto de equilibrio, que el que es emitido por la superficie exterior de dicha pared.

Considerando las variables separadamente, la cantidad de calor transmitida a través de la pared varía directamente con su área, la Δt entre la superficie fría y caliente y la conductibilidad térmica del material del que la pared está hecha, e inversamente con el espesor de ella.

La emisión total de calor desde la superficie más fría depende de varios factores, principalmente de la temperatura, el Δt entre la pared y el aire adyacente, la velocidad de circulación del aire, y, en menor grado, de la naturaleza de la superficie de la pared, su color, grado de suavidad y material de construcción.

Hay que hacer resaltar que la temperatura y el tamaño de un horno están determinados principalmente por necesidades distintas que la más eficiente utilización del calor; el espesor de la pared es restringido por consideraciones económicas. Además, la temperatura exterior del medio ambiente no es fácilmente fijable.

Por otro lado, la conductibilidad térmica de la mayoría de los hornos puede variar fácilmente. A eso se debe que en el diseño de hornos se trate de bajar lo más posible la conductibilidad térmica de las paredes mediante aisladores.

Además, el consumo de calor total de un horno varía enormemente por factores tan diversos como la naturaleza del producto, la habilidad de los operadores, las dimensiones del cilindro, etc. Sin embargo, un promedio que da una idea de las necesidades de calor es 3,400,000 BTU/ton de producto; el material del que se trata en este proyecto, tierra de diatomeas, por no tener que sufrir casi reacciones químicas de tipo exotérmico que consumen mucho calor, veremos que necesitará una cantidad bastante menor de BTU.

Dimensiones, velocidad e inclinación del Horno Rotativo.- 27.2

ton cts/día entran al Horno de Calcinación según el Flow-sheet Cuantitativo, en donde van a perder 2% de humedad, 3% de agua combinada y 5% de polvo formado, por lo que sale como producto calcinado 24.5 ton cts/día.

Para esta producción diaria aproximada y asumiendo que del volumen útil del cilindro sólo 4% estará ocupado por el material, las dimensiones del horno serán:

Longitud	66 pies
Diámetro interior	6 pies
" exterior	8 pies (considerando 9" de refractario y 2 1/2" de aislante).

Habiendo asumido estas dimensiones, que llenan los requisitos especificados anteriormente (relaciones máximas y mínimas entre diámetro al cuadrado y longitud de cilindro, pues en este caso la relación es 2.02, mayor que 1.5 y menor que 5), tenemos que asumir la inclinación y velocidad.

La determinación del porcentaje del cilindro que va a estar ocupado por la T. D. en 4% se ha basado en la naturaleza de este material, aislante por sí; por eso se ha asumido prácticamente el

menor porcentaje recomendado dando así mejor y más parejo calentamiento y mayor superficie de contacto con los gases calientes, evitándose de este modo que la tierra o parte de ella por lo menos, quede sin calcinar; más aún, teniendo en cuenta que se trata de un Horno Rotativo del tipo corto (la longitud del horno fué establecida por consideraciones de tipo económico principalmente). La inclinación 0.5"/pie de tubo, que es una inclinación media entre las recomendadas, dará la producción adecuada, como se verá posteriormente.

Con estos valores, en su mayoría asumidos dentro de los recomendados, y los otros escogidos por tanteos previos, vamos a la fórmula de tiempo de paso del material por el tubo (de la que ya se habló) que es la siguiente:

$$\theta = \frac{0.19L}{NDS} \quad \text{donde: } \begin{array}{l} L = 66 \text{ pies} \\ N = 40 \text{ p/min} = 2.12 \text{ rpm} \\ D = 6 \text{ pies} \\ S = 0.5"/p = 0.0417 \text{ p/p} \end{array}$$

$$\theta = \underline{23.7 \text{ min}}$$

Este tiempo ha sido hallado con la velocidad máxima recomendada de 40 p/min.

Por otra parte, el volumen del cilindro interior será:

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 L$$

$$V = 1,860 \text{ pies}^3$$

El volumen del material será:

$$V_M = 1,860 \times 0.04$$

$$V_M = 74.5 \text{ pies}^3 \text{ de T. D.}$$

Como se sabe que la T. D. calcinada pesa un promedio de 16 lb/
pie³

$$P_M = 74.5 \times 16$$

$$P_M = 1,200 \text{ lb de T. D. (producto)}$$

Por lo tanto, para una velocidad de rotación máxima del cilindro se tiene que:

$$1,200 \text{ lb de T. D. son producidas cada } 23.7 \text{ min.}$$

$$P_T \text{ lb de T. D. serán producidas en } 24 \text{ horas.}$$

$$P_T = \frac{60 \times 24 \times 1,200}{23.7}$$

$$P_T = 36.5 \text{ ton cts/día.}$$

Repetiendo estas operaciones para distintas velocidades de rotación del cilindro, se construye el siguiente cuadro:

Velocidad de rotación en p/min.	Producción de T.D. calcinada por día Ton cts.	Alimentación por hora Ton cts.	Alimentación por hr Ton cts.
25	22.8	0.955	1.00
26	23.6	0.99	1.09
27	24.5	1.03	1.13
28	25.5	1.07	1.18
29	26.4	1.10	1.21
30	27.3	1.14	1.25
31	28.2	1.18	1.30
32	29.1	1.22	1.34
33	30.0	1.25	1.38
34	30.8	1.29	1.42
35	31.7	1.33	1.465
36	32.7	1.37	1.51
37	33.5	1.40	1.54
38	34.6	1.43	1.575
39	35.4	1.48	1.625
40	36.5	1.52	1.675

Resumen. - Las características del Horno Rotativo para este proyecto son entonces:

Longitud	66 pies
Diámetro exterior	8 pies
Diámetro interior	6 pies
Espesor del refractario	9"
Espesor del aislante	2 1/2"
Inclinación	1/2"/pie de tubo
Volumen ocupado por el material	4%
Densidad aparente del material	16 lb/pie ³

Producto de combustión. -

Combustible. - Como ya se ha mencionado, el combustible a usarse será el petróleo industrial de la International Petroleum Company, cuyas características son: (gentileza de la I.P.C.)

1) Densidad:	27.1°A.P.I.
	7.443 lb/gal
	0.893 gravedad específica

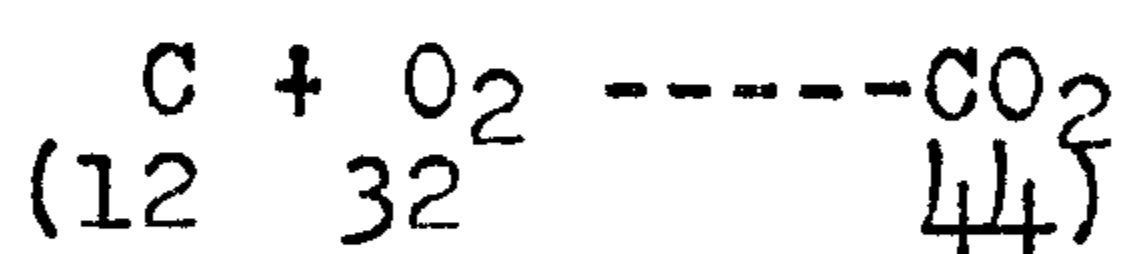
- 2) Poder calorífico bruto: 19,344 BTU/lb
- 3) Análisis elemental: C 86%; H 14%; S y cenizas despreciables.
- 4) Poder calorífico neto: Por determinarse.
- 5) Precio: S/o.0.40 por galón.

Oxígeno y aire necesarios.- Base: 1 lb de petróleo.

Por lo tanto, tendremos:

$$\begin{array}{l} \text{C} \text{-----} 0.86 \text{ lb} \\ \text{H} \text{-----} 0.14 \text{ lb} \end{array}$$

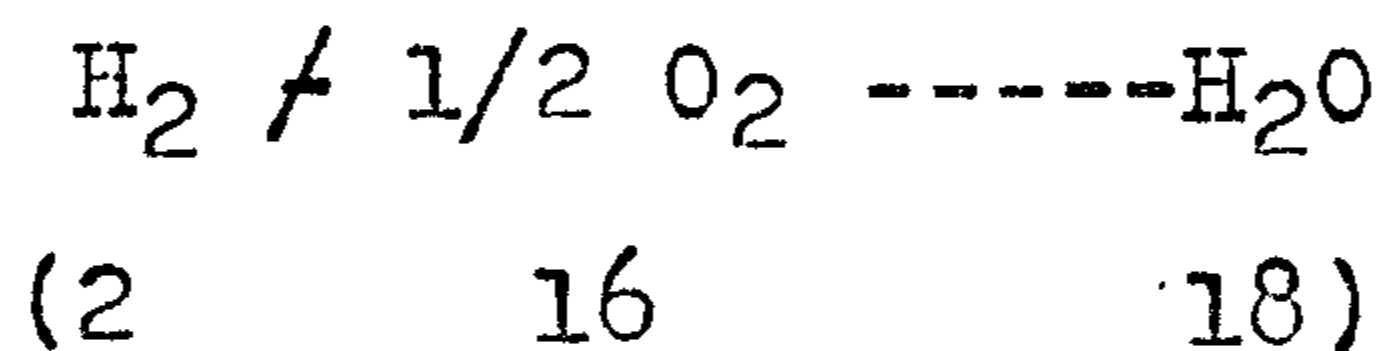
Para oxidar el C a CO₂:



Por lo tanto, 0.86 lb de C necesitará:

$$\frac{0.86 \times 32}{12} = 2.298 \text{ lb de O}_2$$

Por otro lado:



Por lo tanto, para 0.14 lb de H₂, tendremos:

$$\frac{0.14 \times 16}{2} = 1.12 \text{ lb de O}_2$$

Total de O₂ requerido:

$$= 2.298 + 1.12$$

$$= 3.418 \text{ lb de O}_2$$

El aire necesario será, recordando que el O₂ es el 23% por peso:

$$= \frac{3.418 \times 100}{23}$$

Aire necesario = 14.85 lb/lb de pet. (cantidad teórica para la combustión).

Gases de Combustión.- Base: 1 lb de petróleo.

CO₂: Determinación.-



0.86 lb de C producirán:

$$\frac{0.86 \times 44}{12}$$

$$= 3.15 \text{ lb de CO}_2/\text{lb de pet}$$

H₂O: Determinación.-



Por lo tanto, 0.14 lb de H₂ producirán:

$$\frac{0.14 \times 18}{2}$$

$$= 1.26 \text{ lb de H}_2\text{O/lb de pet}$$

N₂: Determinación.- Se ha visto que se necesitan 14.85 lb de aire/lb de pet, de las que el Nitrógeno, gas inerte, es el 77% por peso, o sea:

$$11.432 \text{ lb de N}_2\text{/lb de pet.}$$

Composición de los gases de combustión por volumen.-

CO ₂	-----	$\frac{3.15}{44}$	=	0.0716 lb-mol	-----	$\frac{0.0716}{0.5496}$	x 100 =	13%
H ₂ O	-----	$\frac{1.26}{18}$	=	0.07 lb-mol	-----	$\frac{0.07}{0.5496}$	x 100 =	12.7%
N ₂	-----	$\frac{11.432}{28}$	=	0.408 lb-mol	-----	$\frac{0.408}{0.5496}$	x 100 =	74.3%
Total:				0.5496 lb-mol	-----			100.0%

Poder calorífico neto del combustible.-

Calor latente de evaporación del agua = 970.3 BTU/lb a 212°F

Calor para elevar la temperatura de 32° a 212°F = $(212 - 32) \times 1 = 180$ BTU/lb

Total: 1,150.3 BTU/lb de agua.

Como se ha formado 1.26 lb de agua por lb de petróleo en la combustión, el combustible perderá el siguiente calor:

$$1,150.3 \times 1.26 = 1,450 \text{ BTU/lb de agua.}$$

Por lo tanto el poder calorífico neto será: 19,344 - 1,450.

Poder calorífico neto = 17,894 BTU/lb petróleo

Temperatura de llama teórica.- Siguiendo el método que recomiendan Hougén y Watson de asumir una temperatura y con ella buscar los valores de las capacidades caloríficas medias de cada gas (tabla VI, pag. 216, de H & W), se asume primero una temperatura: $t = 3,500^\circ\text{F}$

Las capacidades caloríficas medias entre 65°F y 3,500°F, son:

CO₂ ----- 12.96 BTU/lb-mol. °F

H₂O ----- 10.32 id.

N₂ ----- 7.96 id.

Por lo tanto, $\sum H_p = \left[\frac{(0.0716 \times 12.96) + (0.07 \times 10.32) + (0.408 \times 7.96)}{(t - 65)} \right]$

También $\sum H_p = 17,894$

Igualando y despejando: $t = 3,725^\circ\text{F}$

A esta temperatura, las nuevas capacidades caloríficas medias son:

CO₂ ----- 13.1 BTU/lb-mol. °F

H₂O ----- 10.46 id.

N₂ ----- 8.0 id.

Por lo tanto, el nuevo valor de:

$\sum H_p = \left[(0.0716 \times 13.1) + (0.07 \times 10.46) + (0.408 \times 8) \right] (t - 65) = 17,894$

Despejando:

$t = 3,685^\circ\text{F}$ de temperatura teórica de llama.

Temperatura de llama real y exceso de aire. - Por experiencias realizadas por técnicos especializados, la temperatura de llama práctica o real es 10% menor que la teórica debido principalmente a pérdidas por radiación. La temperatura real será entonces:

$t_r = 3,325^\circ\text{F}$

Lo que se tiene ahora que averiguar es el exceso de aire necesario para bajar esta temperatura práctica a la de $2,000^\circ\text{F}$ en los gases de combustión.

El aire teórico necesario es, como se ha visto:

O₂ ----- 3.418 lb

N₂ ----- 11.432 lb

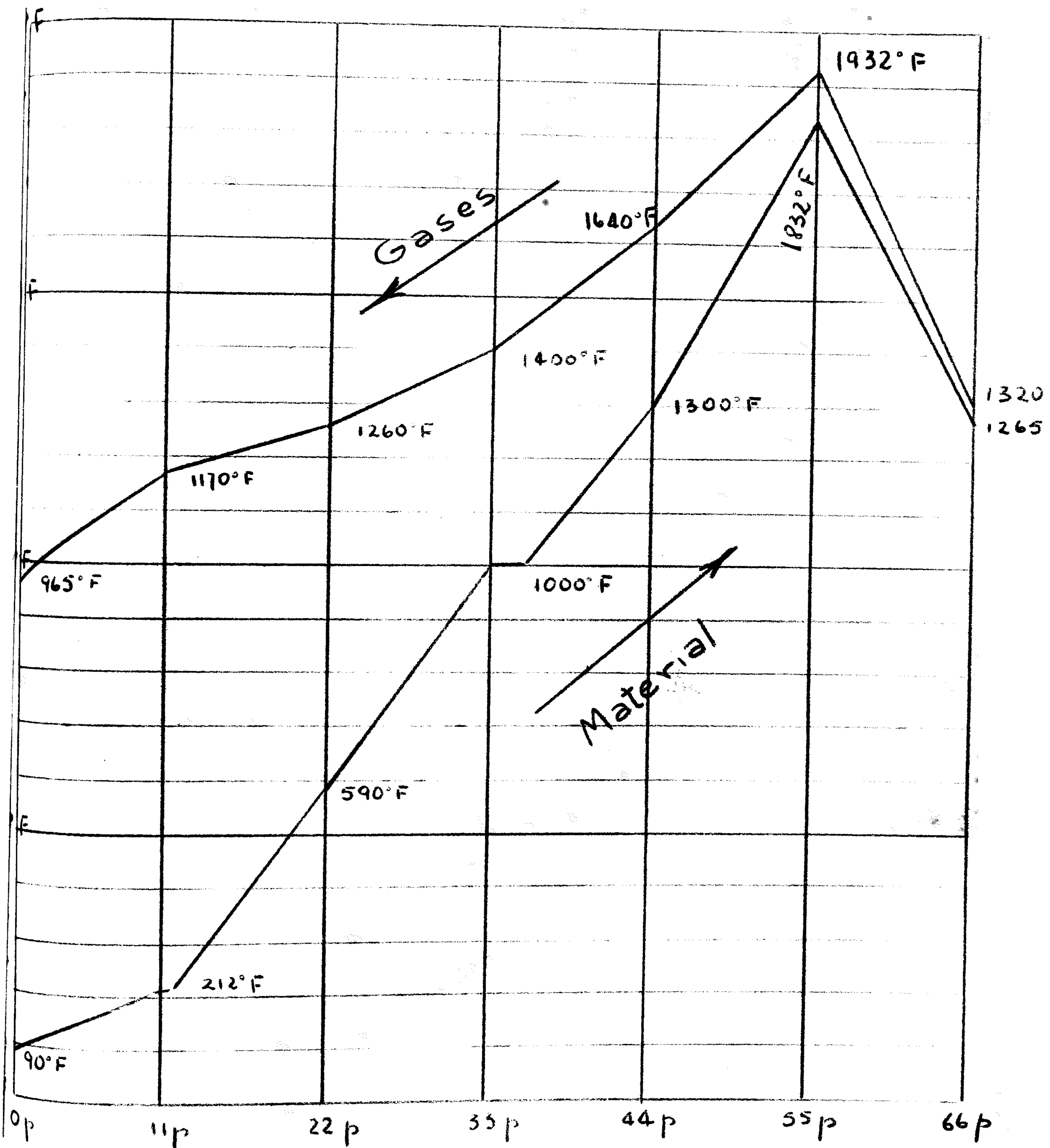
Aire --- 14.85 lb/lb petróleo.

Este aire teórico, al quemar el petróleo, dará los siguientes productos de combustión, como ya se ha visto:

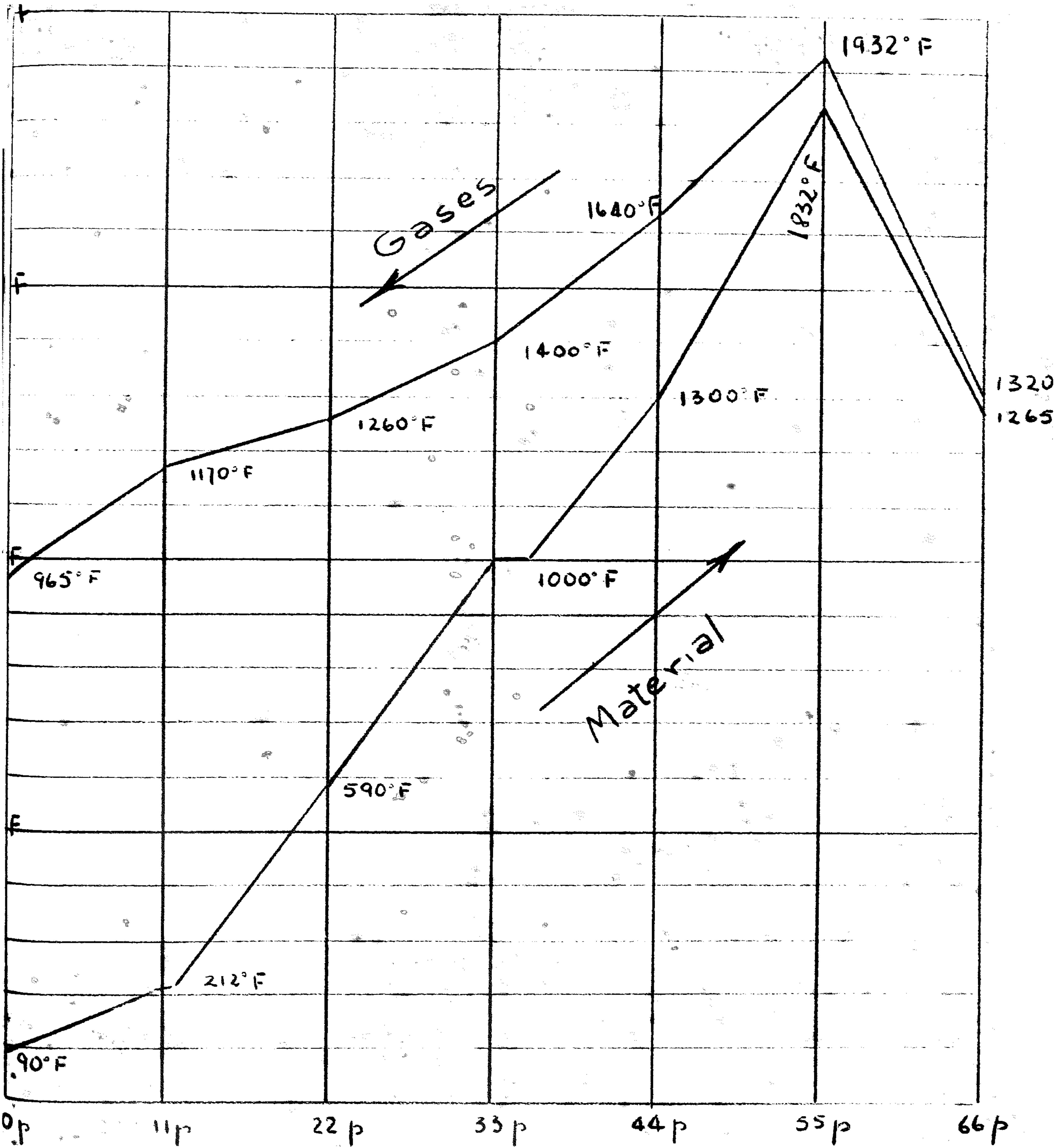
CO₂ ----- 0.0716 lb-mol ----- 13% en volumen

H₂O ----- 0.07 lb-mol ----- 12.7% en volumen

N₂ ----- 0.408 lb-mol ----- 74.3% en volumen.



Temperatura de gases y material en el Horno.



Temperatura de gases y material en el Horno.

A 2,000°F las capacidades caloríficas medias de los gases son las siguientes:

CO₂ ----- 12.09 BTU/lb-mol. °F

H₂O ----- 9.36 id.

O₂ ----- 8.0 id.

N₂ ----- 7.59 id.

Por lo tanto:

$$\sum H_p = \left[(0.0716 \times 12.09) + (0.07 \times 9.36) + 7.96 \left(0.408 + \frac{0.77y}{28} + \frac{(0.23y)8}{32} \right) \right] (2,000-65)$$

$$\sum H_p = 17,894$$

Igualando y despejando y (exceso de aire en lb):

y = 16.25 lb de aire en exceso.

El porcentaje de aire en exceso será entonces: 109.5% sobre la base del aire teórico. Para usar cifras redondas, se lleva este valor a 110%.

Balance de Calor del Horno de Calcinación.-

Este balance tiene como finalidad dar una idea bastante aproximada de la cantidad de petróleo que se va a consumir y de la eficiencia de un Horno Rotativo que calcine T. D., pues no se cuenta con datos experimentales al respecto y menos aún para las condiciones específicas del material de que se está tratando.

El balance consiste esencialmente en igualar el calor que entra al sistema (al quemar combustible, reacciones exotérmicas, etc.) y el calor que sale (como reacciones endotérmicas, gases calientes de salida, etc.).

Entran al sistema:

- 1.- Calor derivado de la combustión del petróleo.
- 2.- Calor derivado de la formación de Silicatos de Aluminio.
- 3.- Calor traído por el aire.

Salen del sistema:

- 4.- Calor usado en descomponer la alúmina hidratada en óxidos y agua de composición.
- 5.- Calor usado en evaporar agua
- 6.- Calor usado en calentar el material
- 7.- Calor llevado en los gases de salida.
- 8.- Pérdidas por radiación de la pared exterior del horno.

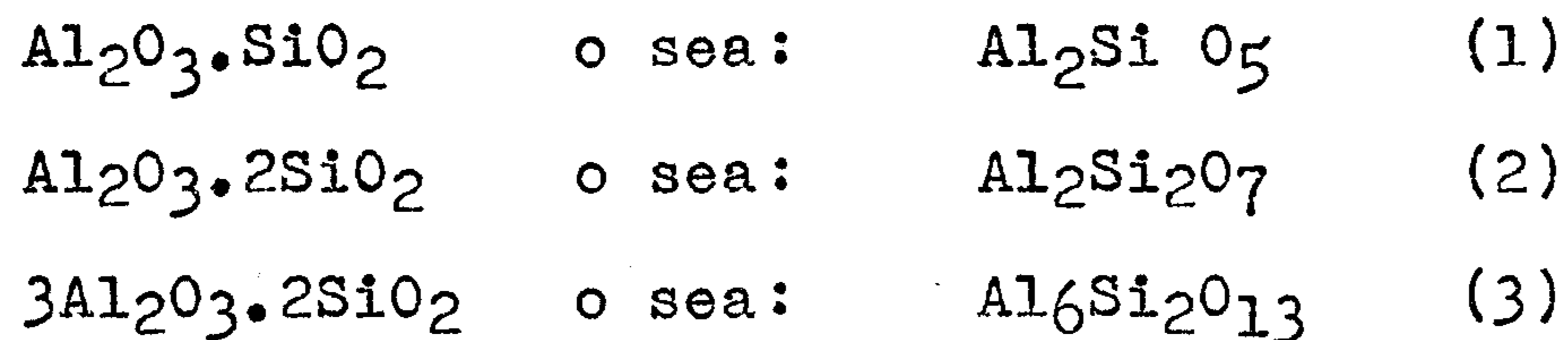
Desarrollando cada uno de estos factores, tenemos:

1.-La cantidad de lb de petróleo por ton cts de T. D. es precisamente la incógnita que se quiere resolver en este balance. Eso sí, hay que tener en cuenta su poder calorífico neto de 17,894 BTU/lb petróleo.

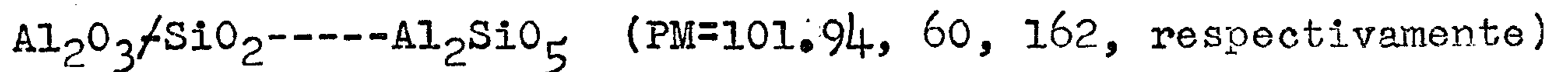
2.-Para llevar a cabo esta serie de reacciones químicas, formación de silicatos anhidros de Al, sólo es necesario calentar los materiales alimentados al horno hasta una temperatura aproximadamente de 1,000°C (1,832°F), y mantenerlos así hasta que se formen los compuestos.

En todos los cálculos hechos sobre este horno, se ha tomado la base de 6% de Al₂O₃, porcentaje más alto de impurezas de alúmina encontrado entre las muestras de los yacimientos de Pisco. Las dificultades que ofrece este cálculo son que por cada libra de material sólo 0.06 lb son de alúmina; que los silicatos que se forman son complicados y no hay ninguna investigación completa sobre cuáles son los compuestos realmente formados ni la proporción en que ellos se encuentran.

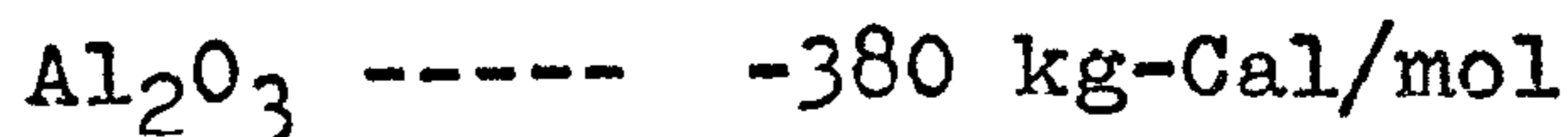
Los compuestos a formar serían:



La reacción de formación de (1) sería:



Sus calores de formación son:



∴ ΔH = / 37.5 kg-cal/mol de alúmina

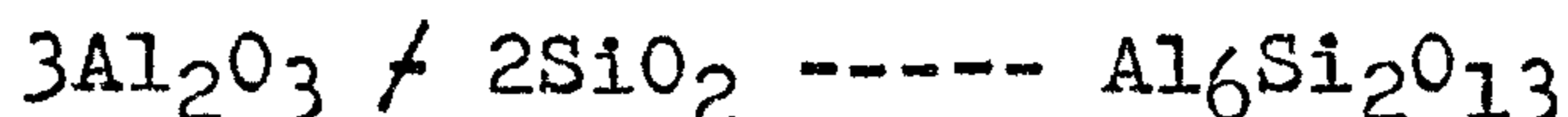
La reacción (2) es:



de la que desafortunadamente no se tienen datos sobre su calor

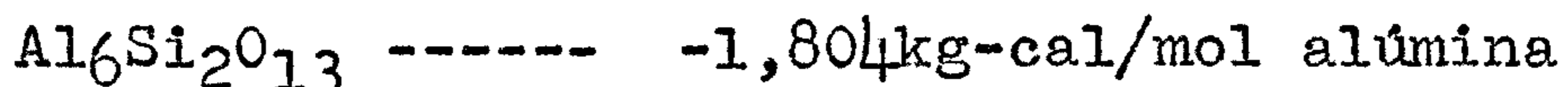
de formación; sin embargo, dada su semejanza con el compuesto anterior, se le asume un ΔH igual, para los efectos de este cálculo.

La reacción (3) es:



Sus calores de formación son:

Para alúmina y sílice conocidos



De estos tres compuestos, lo más probable, o mejor dicho, los que tengan mayor proporción en el producto terminado, serán los dos primeros, por ser la T. D. en su mayor parte sílice; además, a mayor ΔH , menor consumo de combustible calculado en el Horno. Al estarse haciendo un cálculo teórico, se tiene que considerar el mayor factor, consumo de combustible en este caso, el que además está de acuerdo, también en este caso, con la probabilidad de formación de los compuestos mencionados. Con esta base, asumimos el ΔH igual a 40 kg-cal por mol de alúmina, o sea:

$$\Delta H = 35.7 \text{ BTU/lb alúmina}$$

En una ton ct de producto:

$$\Delta H = 4,300 \text{ BTU/ton cts de T. D. entrada}$$

$$\Delta H = 4,750 \text{ BTU/ton cts de T. D. salida o producto}$$

Como son valores asumidos, redondeamos a:

$$\Delta H = 5,000 \text{ BTU/ton cts de T. D. salida o producto}$$

3.- El calor traído por el aire de Combustión, es tomado por éste del material que sale del Horno, en el Enfriador Rotativo. La T. D. entra al Enfriador a 1,265°F, después de pasar por el punto de t máxima de 1,832°F (en el Horno mismo aún, según gráfico), llevándose:

$$Q = 0.23 (1,265 - 65) = 292 \text{ BTU/lb de T. D.}$$

Se considera generalmente que en enfriadores de este tipo sólo se alcanza a recuperar el 40% del calor que lleva el mate-

rial, perdiéndose el resto como radiación principalmente.

Por otro lado, se ha visto que el aire necesario para quemar una lb de petróleo es de 32.05 lb (aire teórico / exceso necesario); se asume asimismo el consumo de petróleo como de 100 lb/ton cts de T. D., por lo que el valor que se halle a continuación será posteriormente ajustado al tenerse el verdadero consumo de petróleo.

Con estos valores se calcula la Temperatura del aire que entra a la combustión, tomando como base 1 lb de T. D. producto y recordando que 100 lb pet/ton equivale a 0.05 lb pet/lb de T. D.:

$$(32.05 \times 0.05) 0.24 (t - 65) = 292 \times 0.4 \quad (1)$$

$$t = 368^{\circ}\text{F}$$

Calor que aporta el aire al Sistema (recuperado del material que se enfría)

$$292 \times 0.4 \times 2,000 = 234,000 \text{ BTU/ton cts producto}$$

Como posteriormente se verá, el consumo calculado de petróleo para el Horno será de 145 lb/ton cts de T. D. producto, y reemplazando este nuevo valor en (1) obtenemos el valor ajustado de la Temperatura del Aire de Combustión que es:

$$t = 247^{\circ}\text{F}$$

Por lo tanto, el Aire de Combustión aportará al Sistema 234,000 BTU/ton cts de T. D. producto, entrando a la Cámara de Combustión con 247°F.

4.- Para determinar el calor gastado en extraer el Agua de Composición, se toma como base: 1 lb de T. D. (entrada) que contiene 0.06 lb de Al_2O_3 . Esta alúmina se encuentra en estado gelatinoso, por lo que se le calcina a óxido, que luego se convertirá en silicato anhidro, como ya se ha visto en el párrafo 2. La reacción es la siguiente:



Pesos Moleculares: 78, 102, 18 respectivamente.

Calores de formación (kg-cal/mol): -304.9, -380, -57.8 (vapor) respectivamente.

Por lo tanto, el ΔH será:

$$H = \frac{56.6 \times 453.7 \times 0.06 \times 2,000}{0.252 \times 102}$$

$$\Delta H = 12,000 \text{ BTU/ton cts de T. D. (entrada)}$$

$$Q = 13,000 \text{ BTU/ton cts de T. D. producto.}$$

5.- El calor usado en evaporar la humedad que trae el material que entra al Horno (2%) es de escasa importancia como calor mismo; sin embargo, un material que entrara con más del 2% de humedad dificulta enormemente la calcinación, pues cambia las características de aquel y por ende, su velocidad de movimiento en el cilindro, como también, su área de contacto con los gases calientes, por tender a formar grumos. La formación de grumos también provoca, ayudada por el movimiento rotativo del Horno, una clasificación o separación por diámetros, que hace la calcinación deficiente, sobre todo en las partículas intermedias que quedan sin calcinar; en efecto, las partículas de abajo se calientan por contacto con las paredes calientes y las de arriba por radiación de los gases; este fenómeno también se produce por molienda deficiente. Se toma como base una lb de T. D. (entrada)

Agua que contiene: 0.02 lb

Esta agua necesita calor para:

a) Elevar su temperatura de 65°F a 212°F

$$Q = 0.02 (212 - 65) = 2.94 \text{ BTU}$$

b) Evaporación (calor latente de evap. del agua es 970 BTU/lb)

$$Q' = 970 \times 0.02 = 19.4 \text{ BTU}$$

$$Q_t = Q + Q' = 22.34 \text{ BTU/lb} = 44,680 \text{ BTU/ton cts de T. D. (entrada).}$$

$$Q_t = 49,000 \text{ BTU/ton cts de T. D. producto.}$$

Nota.- Por cada tonelada de producto que sale del Horno de Calcinación, entra aproximadamente 1.1 tonelada de T. D. con 2% de humedad, siendo esta la razón de los dos valores de Q que se encuentra en cada factor del Balance.

6.- Para determinar el calor de calentamiento de la T. D., se calcula el necesario para elevar la temperatura a la máxima que se va a registrar en el material durante su movimiento a través del Horno, que es de $1,832^{\circ}\text{F}$ ($1,000^{\circ}\text{C}$).

Una vez que el material llega a su punto de máxima temperatura, comienza a bajar ésta, de modo que al descargar tiene $1,265^{\circ}\text{F}$, debido a radiación del material a los gases que no tienen aún su mayor temperatura; al calcular el calor de calentamiento con la temperatura máxima, se evita el hallar las pérdidas por radiación dentro del Horno, pues en realidad se está hallando la suma de los dos calores, de calentamiento y pérdidas de radiación. Para variar, se va a usar las unidades del Sistema Métrico en este cálculo; base: 1 lb de T. D. (entrada)

$$Q = 453.7 \times 0.23 \times (1,000 - 18)$$

$$Q = 102,000 \text{ cal}$$

$$Q = 410 \text{ BTU}$$

En 1 ton cts (entrada):

$$Q = 820,000 \text{ BTU/ton cts de T. D. (entrada)}$$

$$Q = 900,000 \text{ BTU/ton cts de T. D. producto}$$

7.- Para hallar el calor llevado por los gases de salida y sabiendo que la temperatura de ellos va a variar entre 900 y $1,000^{\circ}\text{F}$, se asume esta en 965°F (por datos experimentales de Hornos similares que trabajan diversas sustancias, los gases de salida se llevan del 40 al 50% del calor que traen, y por lo tanto de su temperatura que está en razón directa; por ser este Horno del tipo "corto", el calor que se lleva debe ser el mayor, 50%, por lo que se dijo que la temperatura va a variar entre 900 y $1,000^{\circ}\text{F}$).

Los Productos de Combustión con sus respectivas Capacidades Caloríficas Medias son las siguientes:

CO_2	-----	3.15 lb	-----	0.244 BTU/lb. $^{\circ}\text{F}$
H_2O	-----	1.26 lb	-----	0.51 id.

N ₂ -----	11.432 /	-----	0.258	BTU/lb. °F
	12.51			
O ₂ -----	3.74 lb	-----	0.227	id.
Total -----	32.092 lb/lb de pet			

Por lo tanto:

$$Q_{CO_2} = 3.15 \times 0.244 (965 - 65) = 693$$

$$Q_{CO_2} = 693 \text{ BTU/lb petróleo}$$

$$Q_{H_2O} = 1.26 \times 0.51 (965 - 65) = 576$$

$$Q_{H_2O} = 576 \text{ BTU/lb petróleo}$$

$$Q_{N_2} = 23.942 \times 0.258 (965 - 65) = 5,560$$

$$Q_{N_2} = 5,560 \text{ BTU/lb petróleo}$$

$$Q_{O_2} = 3.74 \times 0.227 (965 - 65) = 764$$

$$Q_{O_2} = 764 \text{ BTU/lb petróleo}$$

Sumando:

$$Q_T = \underline{7,593 \text{ BTU totales/lb petróleo.}}$$

Igualmente que en el párrafo 3 del presente balance, asumimos provisoriamente la cantidad de 100 lb de petróleo como la necesaria para calcinar 2,000 lb de T. D.; por lo tanto:

$$Q_T = 7,593 \times 100$$

$$Q_T = 759,300 \text{ BTU/ton T. D. (entrada)}$$

$$Q_T = \underline{835,000 \text{ BTU/ton T. D. (producto)}}$$

Corrigiendo la cantidad de petróleo necesaria para calcinar 1 ton de T. D., de 100 lb petróleo a 145, tenemos:

$$Q_T = 835,000 \times 1.45$$

$$Q_T = 1,210,000 \text{ BTU/ton T.D. (producto)}$$

8.- Para hallar la pérdida por radiación de la pared exterior del horno, tomamos los siguientes datos del Manual de Perry:

Temperatura interior media del horno.....	1,500 °F
Temperatura exterior media	150 °F
Ladrillos refractarios: espesor usado	9"
k del refractario (BTU/hr.p ² . °F/pie a 1,315 °C).	1.0
Aislante SiloCel: espesor	2.5"
k del aislante (BTU/hr.p ² . °F/pie a 871 °C).....	0.106

Siguiendo el método recomendado por Calvert (Diatomaceous earth), se asume primero una caída aproximada de temperatura para la capa de refractario y para la de aislante; en seguida, se continúa con un sistema de tanteo, para finalmente reconsiderar los valores que primeramente se asumieron.

La temperatura media dentro del horno, sabiendo que la máxima es de 2,000°F y la de salida 965°F, se ha tomado de 1,500°F.

La temperatura del cilindro exterior del horno, por experiencias similares, se ha tomado como de 150°F. Como esta temperatura exterior es la que directamente da la pérdida por radiación, para bajarla se ha hecho uso de un aislador de Sil O Cel, pues sólo con el refractario dicha temperatura no podía bajar de 400°F (verificado por tanteos previos), lo que daba una pérdida por radiación más de tres veces mayor que la que con el aislante se ha conseguido; esta economía en la pérdida de calor justifica económicamente el uso de ladrillos aisladores.

Con los valores de la temperatura exterior e interior, asumimos la temperatura de interfase siguiendo el camino indicado por las experiencias de Calvert.

	Espesor	Conductibilidad térmica promedio temperatura del horno	Resistencia térmica total/pulgada.
Refractario	9"	12 BTU/hr.p ² .°F/pulg.	9/12 = 0.75
Aislante	2.5"	1.28 id.	2.5/1.28 = <u>1.95</u>
Total	11.5"		2.70

Temperaturas asumidas de interfase:

Refractario-Aislante1,150°F(caída en Ref.=350°F)

Aislante-Metal 150°F(caída en Ais.=1000°F)

Caída total = 1,350°F

El número de grados que se baja por unidad de resistencia térmica es:

$$\frac{1,350}{2.7} = 500^{\circ}\text{F}$$

Con este resultado se rectifica la caída de temperatura, que ahora será:

$$\text{Caída en refractario} = 500 \times 0.75 = 375^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Caída en aislante} = 500 \times 1.95 = 975^{\circ}\text{F}$$

Por lo tanto, las temperaturas de interfase ya rectificadas son:

$$\text{Refractario-Aislante} = 1,125^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Aislante-Metal} = 150^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Metal-Medio ambiente} = 140^{\circ}\text{F} \text{ (10}^{\circ} \text{ de caída en el metal de 0.5" de espesor)}$$

Con este valor de 140°F de temperatura exterior, vamos al gráfico que recomienda Meade en su libro "Portland Cement" (hecho por Darling), en lo que se encuentra que a esa temperatura hay una pérdida por radiación de:

$$Q = 330 \text{ BTU/p}^2\text{.hr}$$

El área del cilindro exterior será:

$$A = \pi DL = 3.14 \times 8 \times 66$$

$$A = 1,658 \text{ p}^2$$

Además, como en una hora, la producción del Horno será de 1 ton cts, el Calor de Radiación (Q) será:

$$Q = 330 \times 1,658 = 548,000 \text{ BTU}$$

$$Q = 548,000 \text{ BTU/ton cts T. D. (producto)}$$

Resumen del Balance de Calor del Horno Rotativo.- Tomando como base 1 ton cts/hora de T. D. producto del mencionado Horno, se tiene:

- 1.- Calor derivado de la combustión del petróleo.....incógnita
- 2.- Calor derivado de la formación de Silicatos de Al....5,000 BTU
- 3.- Calor traído por el aire 234,000 BTU
- 4.- Calor usado en descomponer la Alúmina Hidratada en óxidos y agua de composición 13,000 BTU
- 5.- Calor usado en evaporar agua 49,000 BTU
- 6.- Calor usado en calentar el Material 900,000 BTU

- 7.- Calor llevado en los gases de salida1'210,000 BTU
- 8.- Pérdidas por radiación de la pared exterior
del horno..... 548,000 BTU

Conclusión.-

El calor que sale del sistema es el de los items 4, 5, 6, 7 y 8, los que sumados dan:

$$Q_s = 2'720,000 \text{ BTU}$$

Los items 2 y 3 recuperan:

$$Q_e = 239,000 \text{ BTU}$$

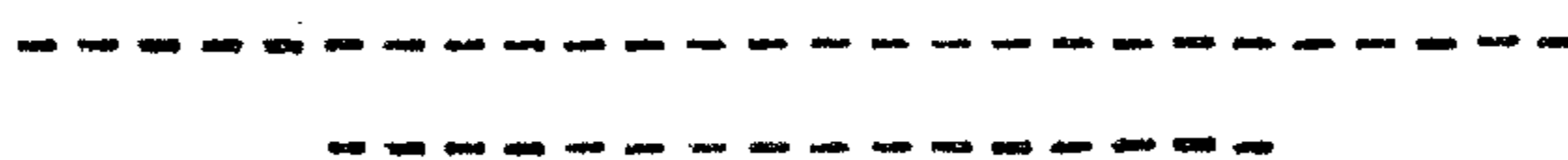
Por lo tanto, el item 1 (calor aportado por el petróleo) debe ser la diferencia:

$$Q_p = Q_s - Q_e$$

$$Q_p = 2'481,000 \text{ BTU}$$

Como se ha hallado que cada libra de petróleo entrega 17,894 BTU netos, serán necesarias entonces 138 libras de petróleo a las que agregándoseles un 5% de pérdidas por radiación en la Cámara de Combustión da un total de:

145 LIBRAS DE PETROLEO POR TONELADA CORTA DE T.D
PRODUCTO



Selección del Equipo.- Se necesita un Horno Rotativo Continuo

de las siguientes características y equipo accesorio:

- Longitud 66 pies
- Diámetro exterior..... 8 pies
- Diámetro interior..... 6 pies
- Espesor refractario 9"
- Espesor aislante SiloCel 2.5"
- Espesor planchas del Cilindro 0.5"
- Inclinación 0.5"/p.tubo
- RPM 2.12
- Bases: dos de concreto ciclópeo, con altura suficiente para permitir el paso del Enfriador
- Movimiento: contará con un motor de 20 HP colocado en la base próxima a la alimentación con su piñón, que dará 5 de sus HP al Enfriador.
La otra base tendrá dos rodillos libres.
- Cámara de Polvo: de concreto reforzado, forrado interiormente con refractarios y aislante, provista de una puerta para coleccionar el polvo. Su finalidad principal en este proyecto es recibir los gases calientes del Horno para pasarlos a la tubería del Sistema de Secado Neumático.

Cámara de Combustión con sus quemadores, tanque de petróleo, etc., que se explica a continuación.

Cámara de Combustión.-

La Cámara de Combustión servirá de enlace entre el Horno Rotativo y el Enfriador para el paso del material por medio de un chute. Estará provista de movimiento, con un montaje sobre ruedas que caminan en rieles.

La pérdida de calor que habrá en la Cámara será por radiación de su pared exterior al medio ambiente, ya que va a trabajar en forma continua las 24 horas del día. Es así que, si bien el almacenamiento de calor en las paredes de la Cámara es importante en el momento inicial, pierde su valor al comparársele con las pérdidas por radiación de un período de tiempo relativamente grande.

Es necesario aclarar otra vez que estos cálculos de radiación de calor son aproximados, ya que varían con muchos factores, como aire, lluvia, superficie cóncava, horizontal, vertical, existencia de movimiento, etc. Por lo tanto, los resultados que aquí se obtengan, como los obtenidos en el balance de calor del Horno Rotativo, sólo servirían como datos de referencia al iniciarse los trabajos de la industria que contempla este proyecto.

La Cámara de Combustión tendrá un espesor de pared de 9 1/2" que se descompone en 4 1/2" de ladrillos refractarios y 2 capas de ladrillos aislantes que en total dan 5" de espesor. La cara frontal de la Cámara tendrá un ancho interior de 6 pies y una altura total de 13 pies, también interior, suficiente para abarcar los cilindros del Horno y Enfriador; tendrá un fondo de 4 pies en la parte superior, pues la parte inferior de la Cámara estará formada por un plano inclinado; la cara posterior tendrá un ancho interior igual al de la frontal (6 pies) y una altura de 9 pies contando desde el techo, al finalizar los cuales comienza el mencionado plano inclinado ya mencionado. Un chute aislado con Sil O Cel, sujeto a la pared frontal de la Cámara, llevará el ma-

terial calcinado del Horno al Enfriador. Exteriormente tendrá 21 pies de alto por 8 de ancho y 6 de profundidad.

Las dimensiones interiores dan volumen de:

$$V_i = 264 \text{ p}^3$$

Por otro lado, se ha encontrado que normalmente se pierde por radiación en las Cámaras de Combustión del 5 al 10% del calor derivado de la combustión del combustible; en este proyecto se ha asumido el menor 5% por haberse puesto buen aislamiento. Este porcentaje ya ha sido aumentado en el consumo calculado en el Balance de Calor del Horno (de 138 lb a 145 lb de petróleo por ton cts de T. D. producto).

Por lo tanto, el número de pies³ útiles de la Cámara de Combustión por libra de petróleo quemado, será:

$$\frac{264}{145} = 1.82$$

que está entre los límites recomendados (1 a 4 p³/lb petróleo).

Las áreas exteriores radiantes serán:

Area posterior104 p²

Areas laterales156 p²

Areas superior e inferior (considerando ~~que~~ las pérdidas por conducción de la cara inferior como de radiación, para no complicar los cálculos en este punto) 96 p²

El área total:

$$A_t = 104 + 156 + 96$$

$$A_t = 356 \text{ pies}^2$$

Por último, la temperatura media exterior que se consigue con 5" de aislante y 4.5" de refractario será de 150°F. Con este valor, se entra al gráfico de Darling (Portland Cement de Meade) y se obtiene una pérdida por radiación de 350 BTU/p².hr.

Por lo tanto, la Cámara de Combustión perderá por hora:

$$Q = 350 \times 356$$

$$Q = 124,500 \text{ BTU/hora}$$

cantidad prácticamente igual al 5% asumido sobre el consumo de petróleo:

$$Q' = 138 \times 17,894 \times 0.05$$

$$Q' = 125,000 \text{ BTU/hora}$$

Tanque de Almacenamiento de Petróleo.-

Dada la situación de la Planta con respecto a las fuentes de aprovisionamiento de petróleo industrial, se le va a almacenar en cantidad necesaria para un consumo de 30 días. El consumo por días es, 145 lb por hora, que en un día se hacen 3,480 lb, equivalentes a 468 galones. Por lo tanto el consumo en 30 días será: 14,040 galones.

Se usará un tanque de sección cilíndrica de 5 m de diámetro y 2.75 m de altura, que da un volumen de 14,500 gal.

Quemador para el Horno Rotativo.-

El consumo del Horno es de 145 lb/hr que es un valor muy próximo a los 20 galones.

Se usará un Quemador de la Ray Oil Burner de California, que en su catálogo figura con el #5, que tiene una capacidad de 33 galones/hr debiendo trabajar graduado a 20 gal/hr.

Este quemador precisa un motor de 1 HP, 3,450 rpm, 60 ciclos y una bomba de 37 gal/hr. Además, un pequeño ventilador de 17" de diámetro de boca, 11.47 lb aire/min de capacidad y 8.02" de H₂O de velocidad.

Tanque de Almacenamiento de Gasolina.-

Se almacenará gasolina para 30 días. Entre los camiones y motores a gasolina de la Cantera y Campo de Secado, se usarán 75 gal/día (ver Cap. VIII); en 30 días son:

2250 gal.

Se usará un tanque de sección cilíndrica de 2.50 m de diámetro y 2 m de altura, que da un volumen de 2500 gal. Estará provisto de una bomba de 1 HP y situada fuera del área construida de la planta, en una excavación adecuada.

g) Enfriamiento de la T. D. calcinada.-

La T. D. dejará el Horno con todavía 1265°F, que equivalen a unos 600,000 BTU/ton cts de T. D. Además de ser poco práctico trabajar con el material tan caliente o, peor aún, dejarlo enfriar por si mismo, perdiendo tiempo y BTU, es una costumbre industrial de resultados económicos muy halagadores el recuperar parte del calor que se llevan los materiales que salen de los Hornos mediante enfriadores de distintos tipos y diseños.

En este proyecto se va a usar un Enfriador, de tipo Rotativo Continuo, que se espera recuperará el 40% de los 600,000 BTU/hr, mediante el aire (necesario para la combustión) que entrará por el citado enfriador, en contracorriente con el material.

Enfriador Rotativo.- Se empleará un Enfriador Rotativo consistente en un cilindro de fierro, similar al usado en el Horno Rotativo y montado en bases de concreto ciclópeo provistas de un piñón y rodillos, que, conectados a un motor, le dan el movimiento.

La carga la recibirá directamente del Horno de Calcinación, a través de la Cámara de Combustión, por medio de un chute situado en esta última. La circulación del aire será en parte por el tiro de la Cámara de Combustión, ayudado por un ventilador, elemento auxiliar del quemador de petróleo; esta circulación será en contracorriente (respecto al material) provocando el enfriamiento de la T. D. y recuperamiento de calor buscados, al bajar la temperatura de aquella y precalentar el aire de combustión, respectivamente.

Por la natural poca cohesión de la tierra, no se hace necesario colocar una criba giratoria en la descarga del enfriador (como en el caso del clinker del cemento), entregando directamente su material a un conductor de faja, que lo llevará mediante un elevador de canjilones al Silo de la Tercera Molienda (2° Molino de Martillos). Como esta parte de la Planta no lleva techo, el

material estará debidamente protegido del ambiente durante el transporte mencionado, estando la faja y el elevador encerrados herméticamente por planchas de fierro de 1/4", y la descarga del Enfriador, por una caseta de planchas de fierro de 1/2"; las dimensiones de la caseta serán: 3m de altura y 3 x 4 m de área.

Dimensiones del Enfriador.- Cada ton de T. D. que sale del Horno se lleva 600,000 BTU (Balance de calor del Horno). Esto equivale alrededor de 33 lb de petróleo; por otro lado, sólo el 45% del valor dado por el combustible es usado en calentar y quemar la T. D. siendo lo restante perdido en otros usos explicados al hablar del Horno. Además el Enfriador pierde por radiación de 30 a 40% del calor que trae el producto caliente que sale del Horno y también, al salir del Enfriador, el material llevará aún calor sensible extra, por no podersele enfriar perfectamente. Por último, se ha observado en el Balance de Calor del Horno Rotativo, que el aire recuperará para el sistema 234,000 BTU/ton cts (40% del calor sensible de la T. D. que sale del Horno de Calcificación) que equivalen aproximadamente a 13 lb de petróleo, 9% del combustible usado.

Para determinar las dimensiones del Enfriador se usará la misma fórmula que la empleada en el cálculo del Horno Rotativo, o sea:

$$\theta = \frac{0.19L}{NDS}$$

donde L es la longitud del Enfriador, N son las rpm, D es el diámetro del Enfriador, S es la inclinación del tubo y θ es el tiempo de paso del material.

Las rpm del Enfriador y el tiempo de paso deben estar regulados por los del Horno que va a servir; en cuanto a su diámetro y longitud, son asumibles, pero siempre basándose en la experiencia de su uso por industrias similares; se ha asumido que L es igual a 50' y D es igual a 5 pies siguiendo las recomendaciones de

Meade en su libro "Portland Cement", a la vez que considerando las necesidades en volumen de producción que va a entregar el Horno.

En la fórmula anterior el único factor que falta fijar es la inclinación S. Despejando S se tiene:

$$S = \frac{0.19L}{ND\theta} = \frac{0.19 \times 50}{2.55 \times 5 \times 23.7}$$

$$S = 0.0314 \text{ pies/pie}$$

El porcentaje del volumen del Enfriador que realmente va a estar ocupado con el material, y que como se recordará puede variar entre 4 y 12%, va a ser mayor que el usado en el Horno Rotativo por ser la función de esta operación sólo de enfriamiento. El volumen interior del cilindro será:

$$V = 984 \text{ pies}^3.$$

Por otro lado, la producción del Horno por día será de 49,000 lb. Llamando "y" a la proporción del Enfriador ocupado realmente por el material y recordando que el tiempo de paso del material es de 23.7 minutos; que su gravedad específica es de 16 lb/pie³ y que el volumen total del cilindro es de 984 pies³, se tiene:

Si en 60 x 24 min se producen 49,000 lb

23.7 min producirán 984 x 16 x y

de donde:

$$y = 0.0513$$

Por lo tanto, el porcentaje del volumen del Enfriador ocupado realmente por el material será de aproximadamente 5%.

Selección del Equipo. - Se necesita un Enfriador Rotativo Continuo con las siguientes características y accesorios:

Longitud 50 pies
 Diámetro 5 pies
 Espesor de las planchas de fierro del cilindro ... 0.375"/pie de rpm 2.12 tubo
 Bases: 2 de concreto ciclópeo
 Movimiento: Necesitará una potencia de 5 HP que se lo dará el motor del Horno Rotativo por medio de una faja en V; el movimiento estará ayudado por 2 rodillos giratorios libres en la otra base.

1 Faja Transportadora encerrada en caja de planchas de fierro de

1/4", provista de miradores. Sus características son:

Longitud	36 pies (11 m)
Ancho	12"
Velocidad	100 pies/min
Capacidad	4 ton cts/hora
HP	2
Marca	Pioneer

NOTA.- Todos estos datos son para una gravedad específica de 16 lb/pie³.

h) Disgregación de la T. D. calcinada con conducción neumática.-

La T. D. que viene en la Faja Transportadora alimenta a un Silo por medio de un elevador de canjilones, el que entrega regulado el material a un Molino de Martillos que lo desmenuzará. De igual modo que en el caso del Secado con Conducción Neumática ya visto, conforme la T. D. es disgregada, una corriente de gases la tomará para llevarla por una tubería a un Equipo de Ciclones que, al depositarla, la clasificarán a la vez, por tamaño de partícula, en malla 100, 150, 200 y 250; cuando se dice malla 100, por ejemplo, significa que el promedio de tamaño de la partícula es malla 100; los Ciclones descargarán cada uno en su respectiva Tolva de Ensacado.

Cálculo del Ventilador para Transporte Neumático del Material Calcinado.- El material y el gas (provenientes del Sistema de Secado Neumático) irán en el mismo sentido; la cantidad de material a transportar es de 2,000 lb/hr, siendo el gas necesario 8,000 lb/hr con un volumen de 100,000 p³; este peso y este volumen llenan las condiciones aconsejadas por Sturtevant Co. en su manual:

$$\frac{2,000 \text{ lb T. D.}}{8,000 \text{ lb/gas}} = 0.25 \text{ lb T. D./lb gas}$$

que es mayor que el límite mínimo 0.05 y menor que el máximo 1.0 y....

$$\frac{100,000 \text{ p}^3 \text{ gas}}{2,000 \text{ lb T. D.}} = 50 \text{ p}^3 \text{ gas/lb T.D.}$$

que es mayor que el límite mínimo 35 p³/lb material y menor que el máximo ¹⁰⁰p³/lb material.

Diámetro de Tubería.- Ya se conoce el volumen de los gases (100,000 p³) y la velocidad deberá ser la mínima recomendada, 3,000 p/min. De aquí, el área de la tubería será:

$$A = 0.555 p^2$$

Por lo tanto el diámetro:

$$D = 0.65 \text{ pies}$$

Se usará una tubería de 9" de diámetro.

Ventilador propiamente dicho.- Las características del Sistema en que va a trabajar este ventilador, son las siguientes:

Velocidad del gas (V)	3,000 p/min
Gasto	100,000 p ³ /hr (1,667 CFM)
Diámetro de tubería (D)	9" (0.75 pies)
Longitud de tubería (L)	200 pies
Número de codos	10
Molino de Martillos	1
Ciclones	4
Filtro de Bolsa	1

Gas usado: proveniente del Sistema de Secado Neumático, que ya tiene 3,000 p/min de velocidad; por eso no se considerará pérdidas por presión de velocidad.

a.- Presión de Velocidad: $P_v = 0$

b.- Pérdidas Continuas:
$$P_b = 0.75fL \left(\frac{V}{4,004} \right)^{1.84} \times \frac{1}{D^{1.31}}$$

donde $f = 0.0192$; reemplazando este valor y los otros que se hallan en el cuadro anterior, se tiene:

$$P_b = 2.15" \text{ de } H_2O$$

c.- Pérdidas localizadas:

$$P_c = \frac{2.15 \times 70D}{100}$$

para $R/D = 1$ el largo equivalente por codo es de 70D. Como se tienen 10 codos,

$$P_c = \frac{10 \times 2.15 \times 70D}{100}$$

$$P_c = 11.3 \text{ pulg. } H_2O$$

d.- Pérdidas en el Molino de Martillos y en el Filtro de Bolsa: se asume igual a 2 codos.

$$P_d = 2.26" H_2O$$

e.- Pérdidas en los Ciclones: repitiendo lo que ya se ha calculado para el ventilador del Secado Neumático en el mismo ítem, se encontró un valor de:

$$P_4 = 4.08" H_2O$$

Como en este Sistema no se cuenta con Clasificador, se descuent-

ta al valor anterior las pérdidas que ocasiona ese aparato. Por lo tanto,

$$P_e = P_4 - 0.44$$

$$P_e = 3.64'' \text{ H}_2\text{O}$$

La Presión Estática del Ventilador será:

$$P = P_b / P_v / P_c / P_d / P_e$$

$$P = 19.35'' \text{ H}_2\text{O}$$

Selección del Equipo.- Para esta tercera molienda se usará un Molino de Martillos y sus accesorios que son:

1 Elevador de Canjilones de 18 p de altura (5.5 m) marca Stephens-Adamson, tamaño 18x15, de 55 a 75 ton cts/hr de capacidad; velocidad 30 a 40 p/min y un peso de 1,800 lb; necesita un motor de 4 HP.

1 Chute de 2 m de largo, 1' x 1' de sección.

1 Silo Alimentador del Molino de Martillos de 16.5 m³ de capacidad (suficiente para 5 hr de producción), de forma igual a los silos anteriormente vistos, con un diámetro de 3 m, altura del tronco del cilindro de 2m y 1 m la altura del tronco de cono. También como en los anteriores estará montado en una estructura de tubos de fierro a la que estará empernada; la altura de la boca inferior con respecto al suelo será de 1.50 m para dar ángulo suficiente al chute. Estará provisto de una entrada de hombre para reparaciones.

Para regular la alimentación al Martillo, se usará válvula de compuerta a la salida del Silo y un alimentador rotativo a la entrada del molino.

1 Chute de 2 m de largo, 1' x 1' de sección, en el que se adaptarán las válvulas mencionadas.

1 Molino de Martillos Jeffrey, tipo 15x18 "A", con una producción de 2 a 3 ton cts/hr y una potencia necesaria de 9 HP.

NOTA.- El Elevador de Canjilones y el Molino de Martillos se han escogido iguales a los de la segunda molienda con el fin de dar uniformidad al equipo, facilitando así las reparaciones. Por ejemplo, se va a tener un solo Molino de Martillos de repuesto para la segunda y tercera moliendas.

Para la Conducción Neumática se necesita el siguiente equipo:

4 Ciclones Sturtevant, diseño # 1 tamaño 10, con las siguientes características

Altura total 11' 6 1/4"
 Diámetro superior 4' 2"
 Diámetro de descarga (boca)..... 10"
 Altura con diámetro superior ... 2' 4"

Peso 200 lb.
 Producción máxima 2000 lb/hr

- 1 Ventilador Planing Mill, diseño 4 A (trabaja a succión) de la B. F. Sturtevant Co. Este ventilador permite la manipulación de material abrasivo. Sus características son:

Tamaño 40
 Diámetro máximo de tubería 17"
 rpm 2,250
 cfm 2,650
 Motor 20 HP

- 1 Filtro de Bolsa (considerado en la recuperación de material fino)

120 pies de tubería de 9" de diámetro, incluyendo 10 codos.

i) Ensayado y Pesada del Producto Terminado.-

Estas operaciones serán hechas durante 8 hr al día en el primer turno. La T. D. ya calcinada y clasificada pasa a 4 Silos de 50 m³ de capacidad c/u (1 para cada malla) que en conjunto satisfacen 2 días de producción. Por medio de una ensacadora de válvula, el material será sacado en bolsas de papel doble, de 6 a 7 p³ de capacidad c/u y, en general, iguales a las descritas en el ítem de T. D. cruda (ítem e). Para el control del peso se usará una Balanza de Plataforma de 100 kg de capacidad. Cada tipo de malla llevará una etiqueta identificatoria en la que además se indicará el nombre comercial, peso, fecha, etc.

El equipo para ambas operaciones estará situado en el Almacén de Producto Terminado, ocupando el 40% del área de éste. Los obreros que trabajen en estas operaciones estarán provistos de máscaras protectoras de polvo, además de la protección que implica el uso de 4 campanas de succión (1 para cada tolva), ya mencionadas en el ítem f, párrafo 2.

Selección del Equipo.- Para estas dos operaciones de acabado se precisa lo que sigue:

4 Silos de 50 m³ de volumen c/u, montadas en estructuras de tubos de Fe; sus otras características son: diámetro 4 m, altura del tronco de cilindro 3.5 m, altura del tronco de cono 1 m, con sus compuertas y Alimentadores rotativos.

- 4 Chutes de 2.5 m de largo c/u, 1'x 1' de sección.
- 1 Ensacadora de válvula, tipo Standard Impeller, especial para sacos de papel doble, con capacidades que oscilan entre 25 y 70 ton cts/hr. El peso que da es sólo aproximado y trabaja fácilmente con bolsas hasta de 150 lb. Este aparato inyecta el material en la bolsa, por medio de un eje rotativo provisto de hojas situado en el tubo alimentador (Requiere un motor de 5 HP) y luego cierra la bolsa automáticamente.
- 1 Balanza de plataforma de 100 kg de capacidad.
- 54,000 Bolsas de papel, de manufactura nacional (6 a 7 p³) stock para 3 meses, a 600 bolsas de 50 kg/día.

Inscripciones: habrán 7 tipos:

- 4 para las distintas mallas; 100, 200, etc.
- 1 para la T. D. cruda.
- 1 para los finos de las dos conducciones neumáticas, que irán mezcladas ya que su uso será de relleno.
- 1 para los finos impuros de T. D. provenientes de las campanas de succión.

Cada una de las inscripciones enumeradas puede tener un nombre comercial propio que debería patentarse; como por ejemplo: DIAFILTRO 100 para T. D. calcinada de malla 100.

j) Almacenamiento del Producto Terminado.-

Se hará en un cuarto de 29 m de largo por 12 de ancho (348 m²), del que, como se ha visto, el 40% estará ocupado por el equipo de Ensacado. Del área restante, 180 m² (52%) estarán dedicados a almacenar la T. D. en bolsas; a una densidad promedio de 5 bolsas por metro cuadrado, y considerando también el almacenamiento de la T. D. cruda, esta área es suficiente para 1.3 días de producción. Esto es para un "plano" de bolsas almacenadas: si se ponen una sobre otra las bolsas, se obtienen varios de esos planos formando ruma\$, y así, para 5 planos (5 bolsas, una sobre otra) la T. D. que se pueda almacenar será la producida en 6.5 días de trabajo en la Planta.

El Almacén estará conectado por una puerta grande corrediza, a una rampa de concreto, adonde llegarán los camiones para cargar el material. El acarreo del Almacén a la rampa se hará en carritos de tracción a mano (se necesitarán 3) del tipo de plataforma.

Construcción.-

El área construida de la Planta será de 2,256 m² con 26 m de frente por 80 m de fondo, aumentando a 34 m el ancho en los últimos 22 m de fondo.

El área construida (toda de piso de concreto con bases especiales para el Molino de Rodillos, Horno Rotativo, Enfriador y estructuras de silos) incluye cuartos especiales para dos oficinas, un laboratorio, el Almacén de Productos Terminados, el Cuarto de Recuperación de Material Fino, la Maestranza y su almacén, el Depósito de Materia Prima y su anexo para el Molino de Rodillos y los dos baños, de empleados y obreros; todos estos cuartos llevarán techos aligerados. Además, el área construida comprende área sin techar para el Secado Neumático, Calcinación y Disgregación de la T. D. calcinada (Tercera Molienda).

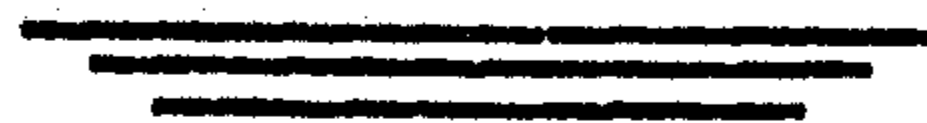
El área total para la planta será de 40 m de frente por 80 m de fondo, o sea 3,200 m², más 1,600 m² de terreno para ampliaciones.

Fin del VII Capítulo

C A P I T U L O VIII

ESTUDIO ECONOMICO DEL PROYECTO

A.- CAPITAL INICIAL	159
1) Costo Detallado del Equipo	159
2) Costo Detallado de Terrenos y Construcciones	166
B.- COSTO ANUAL DE OPERACION	167
1) Costo de Materia Prima	167
2) Costo de Energía	167
3) Dirección y Mano de Obra	170
4) Mantenimiento	171
5) Amortización del Capital Inicial	171
6) Seguros del Edificio y Maquinaria	171
7) Varios	171
C.- CAPITAL DE TRABAJO	172
D.- PRECIO DE VENTA	172
E.- ENTRADA BRUTA ANUAL	172
F.- UTILIDAD ANUAL	173
G.- PRECIO DE COSTO	173
H.- UTILIDAD MEDIA POR KG. DE T. D.	173
I.- ANALISIS DEL PRECIO MEDIO DE VENTA	173



CAPITULO VIII

ESTUDIO ECONOMICO DEL PROYECTO

CAPITAL INICIAL

Es el capital necesario para cubrir los costos de equipo, terrenos y construcciones.

Costo detallado del equipo.-

<u>Cantera:</u>	<u>Costo</u>		<u>Insta-</u> <u>lación</u>	<u>Total</u>
1 Rastra Mecánica incluyendo motor a gasolina de 5 HP y 2 tambores con cable	S/o. 30,000.--		10%	S/o. 33,000.--
6 Vagonetas a S/o.1,800.--c/u	----.---		--	" 10,800.--
100 m de línea Decauville, incluyendo durmientes acanalados y cambios	" 22,500.--		10%	" 24,750.--
1 Camión Volquete de 5 ton con caja especial de madera de 9 m ³ tipo Ford 158" Modelo 1952, 106 HP, 8 cilindros	" 72,000.--		10%	" 79,200.--
2,152 pies cuadrados de tablo- nes de 1" y 1,100 pies cua- drados de vigas para las 2 plataformas de la Rastra a S/o.3.10 el pie cuadrado	" 10,100.--		10%	" 11,110.--
 <u>Campo de Secado:</u>				
1 Transportador portátil de faja Pioneer, 30 x 24	----.---		--	" 18,500.--
2 Camiones volquete de 5 ton con caja especial de made- ra de 26 m ³ , tipo Ford 158" Modelo 1952, 106 HP, 8 ci- lindros	" 144,000.--		10%	" 158,400.--
 <u>Planta de Calcinación:</u>				
<u>Pesada y primera molienda:</u>				
1 Chute para descarga de los camiones, de 4 m x 1 m de sección	" 3,000.--		10%	" 3,300.--
1 Camino elevado para que los camiones descarguen en el Chute del depósito de mate- ria prima; 50 m ³ a S/o.10.-- el m ³	----.---		--	" 500.--

	<u>Costo</u>	<u>Insta- lación</u>	<u>Total</u>
1 Balanza de Plataforma de 200 kg de capacidad	----.---	--	S/o. 1,500.--
2 Silos de 16.5 m ³ c/u. con sus estructuras de tubos de fierro soldados y agitadores respectivos	S/o. 26,000.--	10%	" 28,600.--
2 Alimentadores Rotativos de rodillos incluyendo motores de 1/4 HP	" 1,600.--	10%	" 1,760.--
8 excavaciones de 1 m ³ c/u. para la base de los silos	----.---	--	" 72.--
8 bases de 1 m ³ , de concreto ciclópeo para el silo, a S/o.150.-- el m ³	----.---	--	" 1,200.--
1 Plataforma de fierro, común para los 2 silos	S/o. 13,700.--	10%	" 15,070.--
1 Escalera de fierro de 16' de altura para los silos	" 350.--	10%	" 385.--
1 Montacargas de 250 kg de capacidad	" 2,800.--	5%	" 2,940.--
2 Cribas para 4", colocadas a la entrada de los rodillos; tipo Grizzly de 110"x50" (1 de repuesto)	" 1,240.--	10%	" 1,364.--
2 Cribas para 1/2", colocadas a la salida del molino; tipo corriente estacionario de 110"x50" (1 de repuesto)	" 2,100.--	10%	" 2,310.--
2 Chutes de 4 m de largo, sección de 2'x2'	" 1,960.--	10%	" 2,156.--
1 Faja transportadora de 10 m de largo con motor de 2.1 HP y accesorios	20,150.--	30%	" 26,200.--
35 m ² de planchas de fierro de 1/8" para la faja, a S/o.4.-kilo	" 3,500.--	10%	" 3,850.--
1 Molino de Rodillos Pioneer, de 24 y ³ /hr de capacidad, incluyendo motor de 50 HP y faja en V	" 120,000.--	5%	" 126,000.--
1 excavación de 9 m ³ para la base del molino de rodillos, a S/o.9.-- m ³	----.---	--	" 81.--
1 base de concreto ciclópeo de 9 m ³ a S/o.150.-- m ³	----.---	--	" 1,350.--

	Costo		Insta- lación	Total
<u>Segunda Molienda y Secado Neumático :</u>				
1 Elevador de Canjilones de 7 m de altura, Stephens Adamson, 18x15, incluyendo motor de 5 HP	S/o. 24,110.--		15%	S/o. 27,725.--
2 Chutes de 1 m de largo, sección de 2'x1'	" 400.--		10%	" 440.--
2 Silos de 140 m ³ de capacidad c/u con sus estructuras de fierro y agitadores respectivos	" 108,000.--		10%	" 118,800.--
2 escaleras de fierro de 23' de altura c/u	" 1,000.--		10%	" 1,100.--
2 Alimentadores Rotativos de Rodillos con sus motores de 1/4 HP	" 1,600.--		10%	" 1,760.--
8 excavaciones de 8 m ³ c/u para la base de los silos, a S/o.9.-- m ³	----.--			" 576.--
8 bases de concreto ciclópeo de 8 m ³ c/u. a S/o.150.--m ³	----.--			" 9,600.--
2 Chutes de 3 m de largo, sección 1'x1' para el Molino de Martillos	" 760.--		10%	" 836.--
2 Molinos de Martillos Jeffrey (1 de repuesto), de 2 a 3 ton cts/hr, incluyendo c/u. su motor de 9 HP	" 131,210.--		5%	" 137,772.--
1 Clasificador de Aire Sturtevant de 500 lb/hr de producción	" 12,000.--		10%	" 13,200.--
30 pies de tubería de 6" para descarga del Clasificador, a S/o.7.-- el pie	" 210.--		20%	" 252.--
1 depósito de planchas de fierro de 1/4" de 1 m ³ de capacidad, para la descarga del Clasificador	" 675.--		10%	" 743.--
4 Ciclones Sturtevant, de 2,000 lb/hr de producción	" 72,000.--		10%	" 79,200.--
2 Ventiladores Planovane de 25,58" de agua (1 de repuesto), incluyendo sus respectivos motores de 30HP	" 69,000.--		10%	" 75,900.--
250 pies de tubería de 15", a S/o.36.50 el pie de tubería instalado	" ----.--			" 9,126.--

	<u>Costo</u>		<u>Insta- lación</u>	<u>Total</u>
30 pies de aislamiento de aislamiento de asbesto la- minado de 4" de espesor, a S/o. 40.-- pie	S/o. 1,200.--		5%	S/o. 1,320.--
<u>Alimentación del Horno Ro- tativo.-</u>				
1 Chute de 1 m de altura y sección de 2'x2' para co- nectar los ciclones con el silo	250.--	"	10%	255.--
1 Silo de 100 m ³ de capacidad incluyendo estructura y a- gitador	45,000.--	"	10%	49,500.--
1 Alimentador Rotativo de Pa- letas con su motor de 1/4 HP	900.--	"	10%	990.--
1 Escalera de fierro de 33' de altura	700.--	"	10%	770.--
4 Excavaciones de 8 m ³ c/u. para las bases del silo a S/o. 9.-- m ³	---.--		--	288.--
4 bases de 8 m ³ de concreto ciclópeo a S/o. 150.--m ³	---.--		--	4,800.--
1 Conductor de Tornillo de 3 m de largo y 2 a 3 ton cts/hr de capacidad, inclu- yendo su motor de 1/4 HP	6,650.--	"	15%	7,648.--
1 Chute de 3 m de largo, 1' de diámetro que recibe el material del tornillo	300.--		10%	330.--
1 Chute de 5.5 m de largo y 1'x1' de sección para la T. D. cruda	700.--	"	10%	770.--
<u>Pesada y Almacenamiento de T. D. cruda.-</u>				
1 Tolva ensacadora de 40 m ³ de capacidad, con su es- tructura de fierro, agita- dor y accesorio ensacador a mano	37,000.--	"	10%	40,700.--
4 Excavaciones de 1 m ³ para las bases del silo, a S/o. 9.-- m ³	---.--		--	36.--
4 bases de concreto ciclópeo de 1 m ³ a S/o. 150.--	---.--		--	600.--

	<u>Costo</u>		<u>Insta- lación</u>	<u>Total</u>	
1 Balanza de Plataforma de 100 kg de capacidad	----.---	--	S/o.	1,500.--	
4 Plataformas de Transporte (por medio de gatas)	----.---	--	"	2,400.--	
2 Gatas de acción a pedal para las plataformas	----.---	--	"	3,600.--	
<u>Recuperación de Material fino:</u>					
3 Campanas de Succión (para depósito de mat. prima, Molino de Rodillos y Ensacado)	S/o.1,200.--		10%	"	1,320.--
250 pies de tubería de 9" para las Campanas de Succión, a S/o.22.-- el pie de tubería instalado	" ----.---	--	"	"	5,500.--
3 Ventiladores Monogram a Succión, diseño 3, con su motor de 5 HP c/u. (1 para mat. prima y rodillos, 1 para ensacado y 1 de repuesto)	" 43,800.--		5%	"	45,990.--
2 Ventiladores Planning Mill (1 de repuesto) con su motor de 20 HP c/u.	" 60,000.--		10%	"	66,000.--
4 Filtros de Bolsa de descarga a mano de 100 lb/hr de capacidad	" 32,000.--		10%	"	35,200.--
<u>Horno Rotativo:</u>					
1 Cilindro de fierro de 1/2" de espesor 66' de largo y 8' de diámetro; incluye accesorios para el movimiento y reducción de velocidad del motor	" 116,000.--		25%	"	145,000.--
1 Motor de 20 HP para Horno y Enfriador de 1,800 rpm; incluye fajas en V e interruptor magnético	" 9,500.--		10%	"	10,450.--
2 Quemadores de Petróleo, Ray Oil Burner, de 20 gal/hr; incluye 2 bombas de 37 gal/hr, 2 ventiladores de 8.02" de agua y 2 motores de 1 HP	" 14,400		10%	"	15,800.--
6,100 Ladrillos Refractarios de arco de 9", para forro del cilindro; a S/o.5,650.-- el millar de ladrillos de 37% de alúmina	" 34,465.--		15%	"	39,635.--

	<u>Costo</u>		<u>Insta- lación</u>	<u>Total</u>
5,900 Ladrillos Aislantes de arco, Sil 0 Cel de 4 y 1/2 x 9 x 2 y 1/2" para el Cilindro, a S/o.4,200 el millar	S/o. 24,780.--	15%	S/o.	28,497.--
24 m ³ de concreto ciclópeo para una base del cilindro a S/o.150.-- m ³	---.--	--	"	3,600.--
16 m ³ de concreto ciclópeo en forma de 2 muros conectados con rieles entre sí para la otra base del cilindro. A S/o.150.-- m ³ de concreto ciclópeo y a S/o.44.-- el pie del riel (48' de riel)	---.--	--	"	4,512.--
2,500 Ladrillos Refractarios de sílice, rectangulares, para la Cámara de Combustión, a S/o.2,200.--el millar	" 5,500.--	15%	"	6,325.--
2,800 Ladrillos Aislantes de Sil 0 Cel rectangulares para la Cámara de Combustión, a S/o.2,000.- el millar	" 5,600.--	15%	"	6,440.--
6,000 Ladrillos rojos King Kong para la base de la Cámara de Polvo, a S/o.270.-- el millar	" 1,620.--	20%	"	1,944.--
1,500 Ladrillos Refractarios de sílice rectangulares para la Cámara de Polvo a S/o. 2,200.-- el millar	" 3,300.--	15%	"	3,795.--
1,000 Ladrillos Aislantes rectangulares de Sil 0 Cel para la Cámara de Polvo a S/o.2,000 el millar	" 2,000.--	15%	"	2,300.--
1 Tanque de sección cilíndrica de 5 m de diámetro y 2.75 m de altura, de planchas de fierro de 1/4" (para petróleo)	" 22,000.--	10%	"	24,200.--
1 Tanque de sección cilíndrica de 2.5 m de diámetro y 2 m de altura, de planchas de fierro de 1/4" (para gasolina)	" 10,000.--	5%	"	10,500.--
10 m ³ de excavación para el tanque de gasolina, a S/o.9.- m ³	---.--	--	"	90.--
1 Bomba de 1 HP para el tanque de gasolina, incluyendo su motor	" 3,500.--	15%	"	4,035.--

<u>Enfriador:</u>	<u>Costo</u>	<u>Insta-</u> <u>lación</u>	<u>Total</u>
1 Cilindro de fierro de 1/2" de espesor, 50' de longitud y 5' de diámetro; incluyendo accesorios para el movimiento del cilindro	S/o. 55,000.--	25%	S/o. 68,750.--
2 Muros de concreto ciclópeo con 16 m ³ en total para las bases del enfriador a S/o.150.-- m ³	---	--	" 2,400.--
60 m ² de planchas de fierro de 3/8" para la caseta del Enfriador a S/o.3.80 kg	" 17,200.--	10%	" 18,920.--
1 Faja Transportadora de 36' de longitud incluyendo su motor de 2 HP y accesorios	" 23,000.--	30%	" 30,000.--
40 m ² de plancha de fierro de 1/8" para la Faja a S/o.4.--kg	" 4,000.--	10%	" 4,400.--
<u>Tercera Molienda con Conducción Neumática:</u>			
1 Elevador de Canjilones de 5.5m de altura, de 5.5 a 7.5 ton cts/hr, marca Stephens Adamson, incluyendo motor de 4 HP	" 20,090.--	15%	" 23,100.--
1 Chute de 2 m de largo sección 1' x 1'	250.--	10%	" 275.--
1 Silo de 16.5 m ³ con su estructura y agitador	" 13,000.--	10%	" 14,300.--
1 Alimentador Rotativo de Paletas, incluyendo motor de 1/4 HP	" 900.--	10%	" 990.--
1 Chute de 2 m de largo, sección de 1' x 1'	" 250.--	10%	" 275.--
1 Molino de Martillos Jeffrey, 15x18 "A", de 2 a 3 ton cts/hr, incluyendo motor de 9 HP	" 65,000.--	5%	" 68,250.--
4 Excavaciones de 1 m ³ c/u para las bases del Silo, a S/o.9 m ³	---	--	" 36.--
4 Bases de 1m ³ c/u de concreto ciclópeo para el Silo, a S/o.150.-- el m ³	---	--	" 600.--
4 Ciclones Sturtevant, diseño 1, #10, de 2,000 lb de capacidad c/u	" 72,000.--	10%	" 79,200.--
120' de tubería de 9" de diámetro a S/o.22.- el pie de tubería instalado	---	--	" 2,640.--

<u>Ensayado y Pesada; Producto Terminado:</u>	<u>Costo</u>		<u>Instalación</u>	<u>Total</u>
4 Silos de 50 m ³ para cada malla, incluyendo estructuras y agitadores	S/o. 114,000.--	10%	S/o. 128,400.--	
4 Alimentadores Rotativos de paletas, incluyendo c/u motor de 1/4 HP	" 3,600.--	10%	" 3,960.--	
4 Chutes de 2.5 m de largo, sección de 1'x1', para llevar T. D. a la Ensacadora	" 1,200.--	10%	" 1,320.--	
1 Ensacadora de Válvula St. Regis, incluyendo motor de 5HP y mecanismo de control	" 59,700.--	5%	" 62,680.--	
1 Balanza de Plataforma de 100 kg	----	--	" 1,500.--	
<u>Almacenamiento:</u>				
3 Carritos para el transporte de los sacos a los camiones	----	--	" 2,400.--	
1 Excavación de 200 m ³ para la entrada de los camiones del producto terminado, a S/o. 9.-- el m ³	----	--	" 1,800.--	
<u>Diversos:</u>				
6 Herramientas para ajustar el alambre de las bolsas de T.D. cruda	----	--	" 450.--	
1 Reloj Registrador con su fichero	" ----	--	" 8,000.--	
50 Máscaras contra el polvo a S/o. 45.-- c/u	----	--	" 2,250.--	
Equipo para Laboratorio	----	--	" 15,000.--	
Equipo contra Incendio	----	--	" 10,000.--	
Equipo para Maestranza	----	--	" 30,000.--	
Muebles para Oficina y Laboratorio	----	--	" 15,000.--	
<u>COSTO TOTAL DEL EQUIPO:</u>	S/o. 2'204,984.--			

Costo detallado de Terrenos y Construcciones.-Cantera y Campo de Secado:

100 hectáreas de Terrenos Fiscales obtenidos mediante denuncia al Ministerio de Fomento, Dirección de Minas, teniéndose que depositar en la Caja de Depósitos por derechos de explotación S/o. 1.--/Ha y S/. 80.- por derecho de denuncia, que hacen un total de	S/.	180.-
<u>Planta:</u>		
3,200 m ² de terreno para la Planta, a S/.25.-- el m ²	"	80,000.-
1,600 m ² para jardines y caminos o futuras ampliaciones, al mismo precio	"	40,000.-
228 m lineales de pared de ladrillo de 5 m de alto con cimientos y sobrecimientos, para pared exterior, a S/o.220.-- m	"	50,160.-
254 m lineales de pared igual a la anterior, para dividir las secciones de la Planta	"	55,880.-
Tarrajeo interior para los cuartos y baños de la Planta	"	16,000.-
2,256 m ² de falso piso de concreto de 5" y piso de 1", a S/o. 22.60 el m ²	"	50,985.-
1,312 m ² de techo aligerado para las oficinas, laboratorios, baños, almacén de productos terminados, cuartos de finos, maestranza y su almacén, y depósito de materia prima con su anexo, incluyendo columnas y vigas, a S/o. 62.50/m ²	"	82,000.-
408 m ² de techo de Eternit para los distintos silos, horno y tanque de petróleo, a S/o.35.- el m ²	"	14,280.-
78 m ² de ventanas de pino oregón, a S/o.140.-- el m ²	"	10,920.-
68 m ² de puertas del mismo material, a igual precio	"	9,520.-
2 puertas corredizas de 4 m de ancho, para el almacén de productos terminados a S/o.1,400.- c/u	"	2,800.-
166 m ² de pintura al óleo, a S/o.7.-- el m ²	"	1,162.-
2,410 m ² de pintura al temple, a S/o.1.80 m ²	"	4,338.-
200 m lineales de pared de 1 m de alto, con reja de madera empotrada de 3 m de alto, a S/o.180.-- el m	"	36,000.-

Baños de obreros con casilleros de madera incluidos	S/o.	12,000.--
Baño de empleados	"	6,000.--
Imprevistos (cerrajería, diversas instalaciones, etc.)	"	12,000.--
	"	<u>484,225.--</u>

COSTO TOTAL DE TERRENOS Y CONSTRUCCIONES: S/o. 484,225.--

Por lo tanto, el Capital Inicial será:

$$2'204,984 / 484,225$$

CAPITAL INICIAL: S/o. 2'689,209.--

COSTO ANUAL DE OPERACION.-

Es la suma de:

- 1).- Costo de Materia Prima
- 2).- Costo de Energía
- 3).- Dirección y Mano de Obra
- 4).- Mantenimiento
- 5).- Amortización del Capital Inicial
- 6).- Seguros del Edificio y Maquinaria
- 7).- Varios
- 8).- Gastos Generales e Imprevistos

1).- Costo de Materia Prima:

Se abonará al Estado por derechos de éste sobre los beneficios de la Industria, la suma de S/o.20.-- por hectárea, anual (aparte de los derechos abonados en el renglón de Terreno de Cantera)

S/o. 2,000.--

2).- Costo de Energía:

Consumo diario de energía eléctrica:	Horas al día	HP-hora
Motor del Molino de Rodillos de 50 HP y 1,150 rpm	8	400
Motor de la Faja Transportadora de 2.1 HP	8	16.8
Motor del Elevador de Canjilones de 5 HP	8	40

Motor del Primer Molino de Martillos de 9 HP	24	216
Motor del Ventilador Planovane de 30 HP	24	720
Motor del Tornillo de 1/4 HP	24	6
2 Motores de 5 HP c/u de los Ventiladores para las Campanas de Succión del material fino	8	80
Motor de 20 HP del Ventilador de la 2a. conducción neumática	24	480
Motor de 20 HP para el Horno Rotativo y Enfriador	24	480
Motor de 1 HP para el Quemador	24	24
Motor de la Faja del Enfriador, de 2 HP	24	48
Motor del Elevador de Canjilones para la 3a. molienda, de 4 HP	24	96
Motor del Molino de Martillos de la T.D. calcinada, de 9 HP	24	216
Motor de la Ensacadora, de 5 HP	8	40
3 Motores de 1/4 HP c/u para los Alimentadores Rotativos de Silos	24	18
Motor de 1/4 HP para el Alimentador Rotativo de los 4 Silos Ensacadores	8	2
Diversos (Iluminación, Maestranza, etc.)		<u>100</u>
	TOTAL:	2,982.8 HP/hr

Consumo total diario: 2,225 Kw-hr

Consumo total mensual: (26 días) 57,850 Kw-hr

Máxima Potencia: 135 Kw.

Se usa la tarifa de las Empresas Eléctricas de Lima para hallar el costo de la energía eléctrica. Dicha tarifa es la siguiente:

S/o.22.-- por KW (Maxímetro)

" 0.18 por Kw-hr (Activa)

" 0.06 por KVAR-hr (Reactiva)

El costo será:

Por Máxímetro: 135 x 22 = S/o.2,970.--

Activa: 57,850 x 0.18 = " 10,413.--

Reactiva: En corriente alterna, además de desarrollarse una potencia capaz de producir trabajo, existe potencia que el circuito recibe pero devuelve sin usar; la primera se llama Activa y la segunda Reactiva. La potencia aparente es la suma algebraica de ambas. Por otro lado, la potencia reactiva es igual a

$$\frac{EI \sin \phi}{\cos \phi}$$

donde $\cos \phi$ es el factor de potencia que se puede asumir como 0.8 para todos los motores. Por lo tanto, la potencia reactiva será:

$$\frac{57,850 \times 0.6}{0.8} = 43,388 \text{ KVAR-hr}$$

Reactiva: $43,388 \times 0.06 =$

S/o. 2,603.--

TOTAL:

S/o. 15,986.--

A este costo hay que agregar aproximadamente un 1% que cobra la Empresa por mediciones y otros.

Costo mensual de energía eléctrica

S/o. 16,146.--

Consumo de Petróleo Industrial: Se consumirá 145 lb/hr de petróleo industrial en el Horno Rotativo de calcinación, que en un año (300 días) y a S/o. 0.40 el galón da un costo de:

$$\frac{24 \times 145 \times 300 \times 0.40}{7.443} = \text{S/o. } 56,106.--$$

Consumo de Gasolina: Los 3 camiones volquete considerados en este proyecto consumirán en 8 horas 67 galones/día; el motor de gasolina de la Faja Portátil hará un consumo de 3 galones/día y el de la Rastra Mecánica, de 5 galones/día, lo que hace un total de 75 galones/día. En un año, y a S/o. 1.-- el galón, el costo de la gasolina será de:

$$75 \times 300 \times 1 = \text{S/o. } 22,500.--$$

Costo anual de Energía Eléctrica:

$$16,146 \times 12 = \text{S/o. } 193,752.--$$

COSTO TOTAL DE ENERGIA AL AÑO:

S/o. 272,358.--

3).- Dirección y Mano de Obra:

<u>Empleados:</u>	Sueldo Mensual	
1 Gerente	S/o.	4,000.--
1 Jefe de Producción-Ingeniero Químico o Mecánico		3,500.--
3 Ingenieros Químicos: 1 para Laboratorio y 2 como Jefes de Guardia Nocturnos; estos 3 empleados rotarían sus puestos cada 2 semanas, a S/o.1,800.-- c/u	"	5,400.--
3 Capataces, 1 por cada turno, a S/o.1,000c/u"	"	3,000.--
1 Encargado de Ventas	"	1,400.--
1 Contador	"	1,500.--
2 Auxiliares de Contabilidad a S/o.700.--c/u	"	1,400.--
1 Cajero	"	1,200.--
1 Secretario-Corresponsal	"	900.--
1 Portapliegos	"	400.--
3 Porteros-Guardianes, 1 por turno a S/o.500.-- c/u	"	1,500.--
1 Almacenero (productos terminados)	"	700.--
Total mensual:	S/o.	24,900.--
<u>Total anual:</u>	"	<u>298,800.--</u>

<u>Obreros:</u>	Jornal diario	
6 Obreros para la cantera a S/o.15 c/u	S/o.	90.--
1 Capataz para la cantera	"	30.--
3 Choferes para los 3 camiones a S/o.25.-c/u	"	75.--
3 Ayudantes para los camiones a S/o.12.-c/u	"	36.--
6 Obreros para el Campo de Secado, a S/o.15.-- c/u	"	90.--
1 Capataz para el Campo de Secado	"	30.--
1 Obrero responsable para el Depósito de Materia Prima	"	20.--
2 Ayudantes a S/o.15.-- c/u	"	30.--
1 Obrero para el Molino de Rodillos	"	20.--
1 Obrero para ensacar T. D. cruda	"	25.--
3 Obreros para los Filtros de Bolsa, a (5 S/o.18.50 y 20.--(1°,2° y 3er turno, respectivamente)	"	53.50
3 Obreros responsables para el Secado Neumático a S/o.25.--,31.50 y 33.50 (1°,2° y 3er turno, respectivamente)	"	90.--
3 Obreros responsables para el Horno Rotativo, a S/o.30.--,37.50 y 40.--(1°,2° y 3er turno, respectivamente)	"	107.50
1 Obrero ensacador de T. D. calcinada	"	25.--
2 Ayudantes para el ensacador y Almacén de productos terminados, a S/o.15.-- c/u	"	30.--
2 Obreros para el Laboratorio, a S/o.18.50 y 20.--(2° y 3er turno, respectivamente)	"	38.50
2 Obreros para la limpieza, a S/o.12.--c/u	"	24.--
3 Mecánicos Electricistas, a S/o.30.--, 37.50 y 40.--(1°,2° y 3er turno, respectivamente)	"	107.50

1 Carpintero	S/o.	25.--
1 Ayudante de Mecánica	"	12.--
Total diario:	S/o.	959.--
TOTAL ANUAL(incluyendo dominical):		
	S/o.	<u>345,240.--</u>

Resumen del costo anual de Dirección y Mano de Obra:

Por sueldos	S/o.	298,800.--
Por vacaciones e indemnización de empleados (2 meses)	"	49,800.--
Seguro Social del Empleado (2.5% de los sueldos)	"	7,470.--
Por jornales	"	345,240.--
Por vacaciones e indemnización de obreros (30 días)	"	28,770.--
Seguro Social del Obrero (6% de los jornales)	"	<u>20,714.--</u>
TOTAL:	S/o.	750,794.--

4).- Mantenimiento:

Se considera como 3% anual del costo de Equipo y Construcciones, o sea:

$$2'569,029 \times 0.03 = \underline{S/o.77,071.--}$$

5).- Amortización del Capital Inicial:

Se amortizará el Capital Inicial en 15 años; por lo tanto, la amortización anual será:

$$2'689,209 \times 0.0667 = \underline{S/o.179,370.--}$$

6).- Seguros del Edificio y Maquinaria:

Se consideran como 2% anual del costo de Equipo y Construcciones, o sea:

$$2'569,029 \times 0.02 = \underline{S/o.51,381.--}$$

7).- Varios:

Para una producción ~~diaria~~ de 32 ton cts (29.03 ton met) se requerirá 182,700 bolsas al año, incluyendo un 5% por bolsas malogradas que, a S/o.415.-- el ciento, da un valor de S/o. 758,205.--

Las bolsas de T. D. cruda serán cerradas con alambres de 1' de largo c/u galvanizados, No.14, de las que se ne-

cesitará 45,600 unidades por año (incluyendo 5% de pérdidas), lo que da un costo de S/o.1,700.--

TOTAL ANUAL DE VARIOS: S/o.759,905.--

8).- Gastos Generales e Imprevistos:

Este ítem incluye todos los gastos no posibles de anticipar (material de oficina, arbitrios, etc.) y que se asume anualmente en S/o.100,000.--

Sumando estos ocho ítems obtenemos:

COSTO ANUAL DE OPERACION: S/o.2'192,879.--

CAPITAL DE TRABAJO.-

Es el Capital Inicial más la cuarta parte del Costo Anual de Producción (3 meses)

$$2'689,209 \div \frac{2'192,879}{4} = \underline{\underline{S/o.3'237,429.--}}$$

PRECIO DE VENTA.-

La T. D. calcinada se vendería a S/o.0.60 el kg y la T. D. cruda, a S/o.0.40 el kg; el material fino proveniente de las dos Conducciones Neumáticas, a S/o.0.20. No se va a dar precio para el material fino de las Campanas de Succión (187.5 ton cts al año) por ser de inferior calidad, pero indudablemente que, llegado el caso, podría hacerse. Estos precios son para el producto puesto en fábrica.

El precio medio total por kg resulta ser de S/o.0.54 el kg.

ENTRADA BRUTA ANUAL.-

En 300 días de trabajo va a obtenerse:

Por T.D. calcinada, 24 ton cts al día, a S/o. 0.60 kg S/a 3'919,104.--	
Por T.D. cruda, 8 ton cts al día, a S/o. 0.40 el kg "	870,912.--
Por T.D. fina, 0.875 ton cts al día, a S/o. 0.20 el kg "	<u>47,628.--</u>

ENTRADA BRUTA ANUAL: S/o. 4'837,644.--

UTILIDAD ANUAL .-

Es la diferencia entre la Entrada Bruta Anual y el Costo Anual de Producción:

$$4'837,644 - 2'192,879 = \underline{\underline{S/o. 2'644,765.--}}$$

PRECIO DE COSTO.-

El precio de costo medio del kilogramo de T. D. será la relación del costo anual de producción a la producción anual en kilos

$$\frac{2'192,879}{32.875 \times 300 \times 907.2} = \underline{\underline{S/o. 0.245}}$$

UTILIDAD MEDIA POR KG DE T. D.-

Será:

$$0.54 - 0.245 = S/o. 0.295$$

que es: 120% del precio de costo y
55% del precio de venta.

ANALISIS DEL PRECIO MEDIO DE VENTA.-

Materia Prima	S/o.	0.002
Energía	"	0.031
Dirección y Mano de Obra	"	0.082
Mantenimiento	"	0.008
Amortización	"	0.019
Seguros	"	0.006
Varios	"	0.086
Gastos Generales e Imprevistos	"	0.011
Utilidad Neta	"	<u>0.295</u>
	S/o.	0.540
		el kg.

B I B L I O G R A F I A

- "Anuarios del Comercio Exterior"(1939 a 1948)
- "Monografía de Pisco" de M. Castillo N.
- "Movimiento Económico de la Industria Minera del Perú" de
J. A. Broggi
- "Maquinaria Química" de González del Tánego
- "El Perú", de Antonio Raimondi (Tomo IV)
- "Industrial Minerals and Rocks-Series", de Seeley W. Mudd
A. I. M. E. (1949)
- "Industrial Stoichiometry", de Warren K. Lewis
- "Chemical Engineering Plant Design", de Vilbrand
- "Diatomaceous Earth", de J. Calvert
- "Portland Cement", de Meade
- "Chemical Engineers' Handbook", de J. H. Perry
- "Industrial Management", de A. S. Knowles
- "Elements of Chemical Engineering", de Badger y Mc Cabe
- "Sturtevant Condensed Catalog Engineering Data" (Manual)

REVISTAS:

- A. B. Cummins: Diatoms & Insulating Materials Heat Treating & Forging; Ind. & Chem. Eng. (1936)
- A. S. Elsenbast y D. C. Morris: Diatomite Silica Filter-Aid Clarification; Ind. & Chem. Eng. (1942)
- P. D. V. Manning: Modern Production Methods in Refining Diatomite; Chem. & Met. Eng. (1938)
- A. L. Le Rosen: The characterisation of silicic acid-Celite mixtures for Chromatography; J. Am. Chem. Soc. (1945)
- J. B. Huttel: Diatomite: its mining & processing; Eng. Min. J. (1949)
- S. U. Saginor: Thermal insulation for industry; Chem. & Met. (1941)
- R. G. Anderson: Kieselguhr: suitability as carriers in Catalysts; Ind. & Chem. Eng. (1947)
- A. B. Cummins: Clarifying efficiency of Diatomite filter-aid; Ind. & Chem. Eng. (1942)
- N. C. Jensen: Marketing Silica (Diatomite, etc.); US. Bur. Mines I C 7202 (1942)
- H. Berg: Rotary kiln nodulizing is simple, cost less; Eng. & Min. J. (1949)
- J. Movman y O. C. Ralston: Purification of Diatomite by Froth flotation; Am. Inst. Min. & Met. Eng.- Trans. (1942)
- P. D. U. Manning: Mining & Refining of Diatomite; Chem & Met. (1942).