



614.71  
L863  
C.2

# ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra



"IMPACTO AMBIENTAL DE LA OPERACION MINERA..  
MINAS NO METALICACATAJO ABIERTO. CANTERA DE  
CALISA Y SU PLANTA DE PROCESO. EMISIONES DE  
PARTICULAS SOLIDAS GENERADAS POR LA CANTERA  
Y LA PLANTA."

## TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de:  
**INGENIERO DE MINAS**

Presentado por:

**Ronny Xavier Loor Campoverde**

Guayaquil - Ecuador

1.992



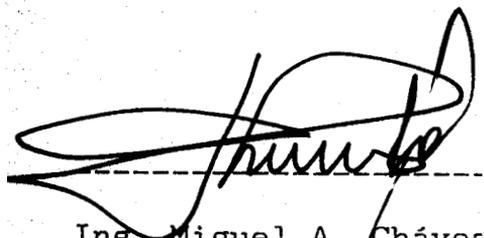
BIBLIOTECA

Mi sincero agradecimiento a los personeros de la fábrica La Cemento Nacional S.A. y en especial al Ing. Marco Tinoco, Asesor Técnico, por la colaboración y facilidades brindadas para el desarrollo de esta Tesis; a todas las personas que conforman la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, especialmente al Ing. Walter F. Camacho Navarro, Director de esta Tesis, quien con su experiencia, sabiduría y ética profesional, ha sabido guiarme durante mis estudios en el gremio de la Minería.

Un muy especial agradecimiento a mi Esposa, Sra. Cecilia Solano de Loor, no sólo por la ayuda brindada en la realización de esta Tesis, sino también por su apoyo y comprensión en la mayoría de mis años de estudio; a mis Padres por haberme encaminado hacia la obtención de un Título Profesional.

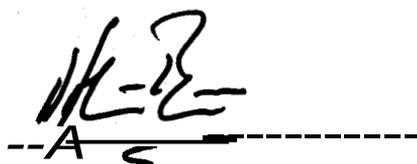
**DEDICATORIA**

A **MIS** HIJAS  
A **MI** ESPOSA  
A **MIS** PADRES  
A **MIS** TIOS



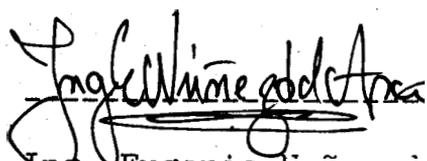
Ing. Miguel A. Chávez

SUBDECANO FICT



Ing. W.F. Camacho N.

DIRECTOR DE TESIS



Ing. Eugenio Muñoz del Arco

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



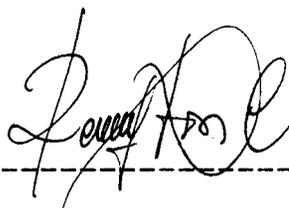
Ing. Hugo Eguez A.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta Tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ronny Xavier Loor Camoverde', is written over a horizontal dashed line.

RONNY XAVIER LOOR CAMOVERDE



## RECUMEN

El presente trabajo consiste en la mensura de la presencia e incidencia del polvo, en una mina no metálica, a tajo abierto, en la vecindad de la ciudad de Guayaquil, escogiendo como área de estudio las instalaciones de la fábrica de La Cemento Nacional S.A.

Para este propósito se seleccionaron puntos de observación y mensura (estaciones), tanto en el perímetro como en el interior del área operacional de la industria.

En estos puntos de observación se midió la incidencia del polvo, utilizando los equipos recomendados en el libro "El Impacto Ambiental y la Restauración de Terrenos en Minería a Cielo Abierto", Editado por Fundación Gomez Pardo, en Madrid, en Diciembre de 1985 (Tomo I).

Estos equipos fueron expuestos en los puntos predeterminados, por 8 horas diarias, durante 20 días.

Para la medición de la concentración del polvo en cada estación, se utilizó un método gravimétrico que consiste

en aspirar una cantidad de aire y pasarlo a través de un filtro, el cual se pesa antes y después de la toma de muestra.

Los diferentes tipos de polvo detectados se sometieron a análisis químico e hidrométrico.

De los resultados obtenidos se efectuaron los estudios y análisis conducentes a las conclusiones y recomendaciones que se exponen al final de esta Tesis.



# INDICE GENERAL



IND. 107601

Pag.

RESUMEN .....	6
INDICE GENERAL .....	8
INDICE DE ABREVIATURAS .....	11
INDICE DE FOTOS .....	13
INDICE DE GRAFICOS .....	16
INDICE DE TABLAS .....	18
INTRODUCCION .....	20
I. CAPITULO .....	22
DESCRIPCION DEL AREA .....	22
1.1. Localización .....	22
1.2. Geología .....	23
1.2.1. Litología .....	25
1.3. Topografía .....	29
1.4. Clima .....	29
1.5. Vegetación .....	30
II. CAPITULO .....	34
LEGISLACION PERTINENTE .....	34
2.1. De la preservación del Medio Ambiente .....	34
III. CAPITULO .....	42

IMPACTO AMBIENTAL .....	42
3.1. Definición de Impacto Ambiental .....	42
<b>3.2.</b> Objeto de su evaluación .....	44
3.3. Alteraciones del Medio Ambiente .....	45
<b>3.3.1.</b> . Alteración del aire .....	48
<b>3.3.1.1.</b> Polvo .....	48
IV. CAPITULO .....	52
METODOS DE CONTROL DE POLVO USADOS EN LA	52
MINA .....	52
4.1. En las perforaciones .....	52
4.2. En las vías de transporte interno ....	53
4.3. En los centros de almacenamiento y pun-	
tos de transferencia .....	55
4.4. En la manipulación del material pulve-	
rizado.	56
V. CAPITULO .....	57
EXPERIMENTACION .....	57
5.1. Medición Direccional del Polvo .....	57
5.1.1. Descripción del Equipo .....	58
5.1.2. Selección de Estaciones ....	59
5.1.3. Resultados .....	67
5.2. Medición de Concentración del Polvo ..	73
5.2.1. Cálculo de la velocidad de	
aspiración (litros/minuto)..	76
5.2.2. Equipo .....	73
<b>5.2.3.</b> Selección de Estaciones ....	79
<b>5.2.4.</b> Resultados .....	80

5.2.4.1. Proyección de la concentración del polvo. ....	110
5.3. Tipos de Polvo .....	116
5.4. Análisis Químico de los tipos de polvo	116
5.5. Análisis Hidrométrico de los tipos de polvo .....	117
5.6. Evaluación del Impacto Ambiental .....	126
VI. CAPITULO .....	133
SALUD E HIGIENE .....	133
6.1. El polvo y sus efectos patológicos .....	133
6.2. Normas permisibles del polvo .....	134
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	139
BIBLIOGRAFIA .....	145

## INDICE DE ABREVIATURAS

A1203	Oxido de aluminio
Ca·CO3	Carbonato de Calcio
Cl2	<b>Cloro</b>
CaO	Oxido de Calcio
cmts	Centímetros
Fig.	Figura
<b>gr.</b>	Gramos
<b>Hg.</b>	Mercurio
°K	Grados Kelvin
K2O	Oxido de Potasio
KW	Kilovatios
lts	Litros
m3	Metros cúbicos
mts3	Metros cúbicos
mg	Miligramos
MgO	Oxido de Magnesio
min	Minutos
<b>mm</b>	Milímetros
Na2O	Oxido de Sodio
SiO2	Oxido de Silicio
S03	Oxido de Azufre

US\$

Dólares **Americanos**

%

Porcentaje

#

Número

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

No.		Pág.
1.	CANTERA Y SU BARRERA NATURAL.....	26
2.	TRITURADORA PRIMARIA Y SU CIRCO DE ALMA - CENAMIENTO .....	26 26
3.	TRITURADORA SECUNDARIA Y TERCIAIA .....	27
4.	CIRCO DE ALMACENAMIENTO EN LAS TRITURADO- RAS SECUNDARIA Y TERCIAIA .....	27 27
5.	PLANTA .....	28
6.	SILO DE ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO FINAL Y EL ENVASE .....	28
7.	VEGETACION EN LA QUEBRADA GALLEGOS .....	32
8.	VEGETACION EL S-E DE LA CANTERA .....	32
9.	VEGETACION AL S-W DE LA CANTERA .....	33
10.	VEGETACION AL NORTE DE LA CANTERA .....	33
11.	VEGETACION EN LA QUEBRADA AL NORTE DE LA PLANTA .....	64
12.	VISTA EN LA DIRECCION 1-3 DEL MEDIDOR DI- RECCIONAL COLOCADO EN LA ESTACION # 1 ..	64
13.	VISTA EN LA DIRECCION 1-3 DEL MEDIDOR DI- RECCIONAL COLOCADO EN LA ESTACION # 2 ...	65

14.	VISTA EN LA DIRECCION 1-3 DEL MEDIDOR DIRECCIONAL COLOCADO EN LA ESTACION # 3 . . .	65
15.	VISTA EN LA DIRECCION 1-3 DEL MEDIDOR DIRECCIONAL COLOCADO EN LA ESTACION # 4 . . .	66
16.	VISTA EN LA DIRECCION 1-3 DEL MEDIDOR DIRECCIONAL COLOCADO EN LA ESTACION # 5 . . .	66
17.	OPERACION DE CARGA . . . . .	128
18.	CUBIERTA PROTECTORA DE LAS BANDAS Y CIRCO DE ALMACENAMIENTO DEL MATERIAL TRITURADO Y VIAS NO PAVIMENTADAS . . . . .	128
19.	SILO DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO . . . . .	129
20.	SILO DE ALMACENAMIENTO DE CEMENTO . . . . .	129
21.	COSTRA DE POLVO EN EL SILO DE ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO . . . . .	130
22.	AMBIENTE POLUIDO DEBIDO A LA MANIPULACION DEL CLINQUER PULVERIZADO . . . . .	130
23.	AMBIENTE POLUIDO DEBIDO A LA DESCARGA DEL CLINQUER NO PULVERIZADO . . . . .	131
24.	DESCARGA DEL CLINQUER NO PULVERIZADO . . . . .	131
25.	VIAS PAVIMENTADAS Y CARRILES DE ENVASE . . . . .	132
26.	RECOLECCION DEL POLVO EN LOS HORNOS . . . . .	132
27.	BARRERA NATURAL AL NORTE DEL CIRCO DE ALMACENAMIENTO PRIMARIO . . . . .	137
28.	BARRERA NATURAL AL NORTE DEL CIRCO DE ALMACENAMIENTO SECUNDARIO . . . . .	137
29.	BARRERA NATURAL AL NORTE DEL SILO DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO . . . . .	138

30. BARRERA NATURAL AL NORTE DE LOS SILOS DE ALMACENAMIENTO DE CEMENTO.....	138
--	-----

## INDICE DE GRAFICOS

No.		Pág.
1.	MEDICION DIRECCIONAL DEL POLVO EN LA ESTACION MD1 .....	68
2.	MEDICION DIRECCIONAL DEL POLVO EN LA ESTACION MD2 .....	69
3.	MEDICION DIRECCIONAL DEL POLVO EN LA ESTACION MD3 .....	70
4.	MEDICION DIRECCIONAL DEL POLVO EN LA ESTACION MD4 .....	71
5.	MEDICION DIRECCIONAL DEL POLVO EN LA ESTACION MD5 .....	72
6.	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION MD1 .....	83
7.	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION MD2 .....	85
8.	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION MD3 .....	87
9.	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION MD4 .....	89
10.	CONCENTRACION DE <del>POLVO</del> EN FUNCION DE LA TEM-	

	PERATURA EN LA ESTACION MD5 . . . . .	91
11.	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEM- PERATURA EN LA ESTACION C1 . . . . .	93
12.	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEM- PERATURA EN LA ESTACION C2 . . . . .	95
13.	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEM- PERATURA EN LA ESTACION C3 . . . . .	97
14.	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEM- PERATURA EN LA ESTACION C4 . . . . .	99
15.	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEM- PERATURA EN LA ESTACION C5 . . . . .	101
16.	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEM- PERATURA EN LA ESTACION C6 . . . . .	103
17.	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEM- PERATURA EN LA ESTACION C7 . . . . .	105
18.	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEM- PERATURA EN LA ESTACION C8 . . . . .	107
19.	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEM- PERATURA EN LA ESTACION C9 . . . . .	109
20.	PROYECCION DE LA CONCENTRACION DE POLVO . . . . .	115
21.	ENSAYO DE HIDROMETRO POLVO 1 . . . . .	121
22.	ENSAYO DE HIDROMETRO POLVO 2 . . . . .	123
23.	ENSAYO DE HIDROMETRO POLVO 3 . . . . .	125

## INDICE DE TABLAS

No.		Pag.
1	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION MD1 .....	82
11	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION MD2 .....	84
111	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION MD3 .....	86
IV	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION MD4 .....	88
V	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION MD5 .....	90
VI	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C1 .....	92
VI 1	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C2 .....	94
VIII	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C3 .....	96
IX	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C4 .....	98
X	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA	

	TEMPERATURA EN LA ESTACION C5 .....	100
XI	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C6 .....	102
XII	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C7 .....	104
XIII	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA, TEMPERATURA EN LA ESTACION C8 .....	106.
XIV	CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C9 .....	108
XV	ENSAYO DE HIDROMETRO POLVO # 1 .....	120
XVI	ENSAYO DE HIDROMETRO POLVO # 2 .....	122
XVII	ENSAYO DE HIDROMETRO POLVO # 3 .....	124



BIBLIOTECA  
106.



BIBLIOTECA

## INTRODUCCION

Según los datos oficiales obtenidos en el I.E.O.S., en la ciudad de Guayaquil existe una continuada situación de contaminación por polvo, conducente a una endémica propensión a las afecciones respiratorias comunes.

La información obtenida indica que en el ambiente de la ciudad de Guayaquil, hay 40 miligramos de polvo por cada metro cúbico de aire. Es reacción universal de que las industrias minerales son causantes de la alteración del aire por emisión de polvo y gases, por lo que como Miembro del gremio, me veo obligado a sustentar esta Tesis para averiguar la realidad del Impacto Ambiental, en la emanación de partículas sólidas al aire, producidas por una mina a tajo abierto, no metálica, cuya planta elabora cemento en la vecindad de la ciudad de Guayaquil.

Para la elaboración de esta Tesis, se realizaron las pruebas pertinentes en las instalaciones de la fábrica de La Cemento Nacional S.A. Esta institución fue fundada en 1927, bajo el nombre de "Cantera Nacional" en la localidad de Cerro Blanco, teniendo su planta de

procesamiento en San Eduardo.

Es a partir de 1977 que hacen sus primeras ampliaciones en Cerro Blanco, para poder tratar el mineral en la propia cantera.

En la actualidad La Cemento Nacional S.A. tiene una producción promedio de entre 3.800 y 4.000 toneladas de cemento diario.

Esta empresa aporta activamente al desarrollo de la comunidad, para lo cual ha creado un Centro de Capacitación a nivel técnico; la Fundación "Vivamos Mejor" dirigida a contribuir al bienestar de la familia de escasos recursos económicos; el Centro Técnico del Hormigón, dirigido a sus usuarios para el buen manejo de este material. En cuanto al Medio Ambiente se han creado viveros, proyectos forestales y zonas de reserva ecológica.

## **CAPITULO I**

### **DESCRIPCION DEL AREA**

#### **1.1. LOCALIZACION.-**

La mina que se ha tomado como ejemplo para el desarrollo del presente tema, está situada al Oeste de la ciudad de Guayaquil, a 18 kilómetros de los límites urbanos, siguiendo la carretera principal hacia la Costa.

Está ubicada en el punto conocido como Cerro Blanco, en la vertiente sur de la Cordillera de Chongón (ver mapa # 1).

La concesión de esta mina tiene un área de 2.450 hectáreas. El punto de partida (PP) de su concesión tiene coordenadas de 9'758.500 Norte y 610.000 Este. Los lados de este polígono irregular (concesión), tienen las siguientes longitudes:

PP - 1 = 2000 mts	1 - 2 = 500 mts
2 - 3 = 5000 mts	3 - 4 = 2000 mts
4 - 5 = 2000 mts	5 - 6 = 2600 mts
6 - 7 = 2000 mts	7 - 8 = 1200 mts
8 - 9 = 2000 mts	9 -10 = 400 mts
10 -11 = 2000 mts	11 -12 = 500 mts.
12 -13 = 3000 mts	13 -PP = 2000 mts

La concesión se ha dividido en dos Fases:

FASE I: Comprendida entre la Quebrada Guayjazo y la Quebrada Gallegos, con reservas probadas de 26 millones de toneladas.

FASE II: Comprendida entre el sector este de la planta Cerro Blanco y el sector oeste de la Quebrada Gallegos, con reservas probadas de 70 millones de toneladas y reservas posibles de 30 millones de toneladas.

## 1.2. GEOLOGIA.-

La parte de la Cordillera de Chongón a la que se hace referencia, tiene como Formación predominante a la denominada San Eduardo (Eoceno Medio), que descansa sobre el Miembro Guayaquil en contacto aparente concordante; pero según las edades

37 66

55

64

63

62

61

60

59

58

57

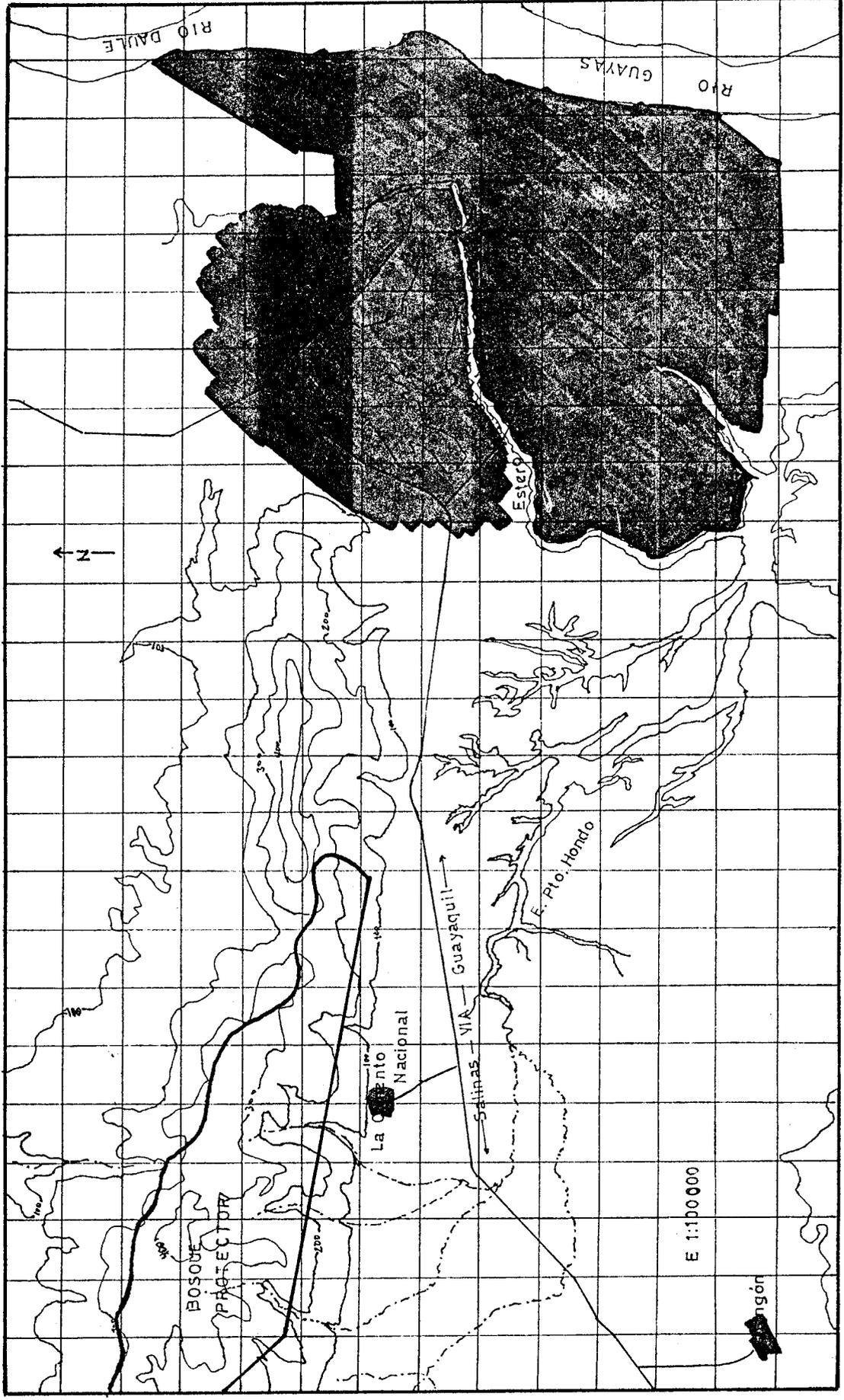
56

55

54

53

52



60 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28

MAPA N-1 UBICACION DE LA CEMENTO NACIONAL

respectivas de ambos depósitos, hay una hiato de sedimentación entre ellos. La Formación buza hacia el Sur Oeste debajo de la Formación Las Masas del Eoceno Medio, o en su ausencia, debajo de depósitos del Grupo Ancón del Mioceno.

### 1.2.1. Litología.

La caliza de la Formación San Eduardo es una calcarenita turbidítica hasta calcrudita, bien estratificada. Los granos que la componen son de forma angular o redondeados; ocurren guijarros removidos de calcilutitas y de chert. El color varia entre crema, habano y amarillo.

A la caliza de la mencionada Formación, ubicada en Cerro Blanco, perteneciente a la Concesión de La Cemento Nacional, se la ha dividido en cuatro unidades:

Unidad I Consiste de calcilutitas y calcarenitas de color beige, estratificadas;  $\text{CaCO}_3 > 90\%$ .

Unidad II: Consiste de calizas.



BIBLIOTECA NACIONAL DE CHILE



Foto #1: CANTERA Y SU BARRERA NATURAL



Foto #2: TRITURADORA PRIMARIA Y SU CIRCO DE ALMACENAMIENTO

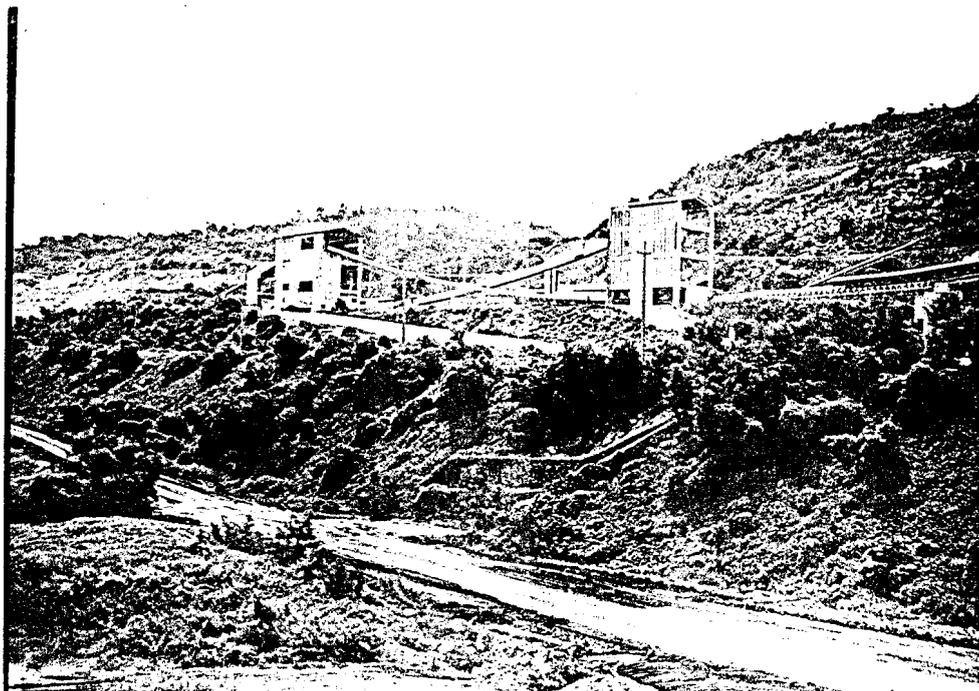


Foto #3: TRITURADORA SECUNDARIA Y TERCIARIA

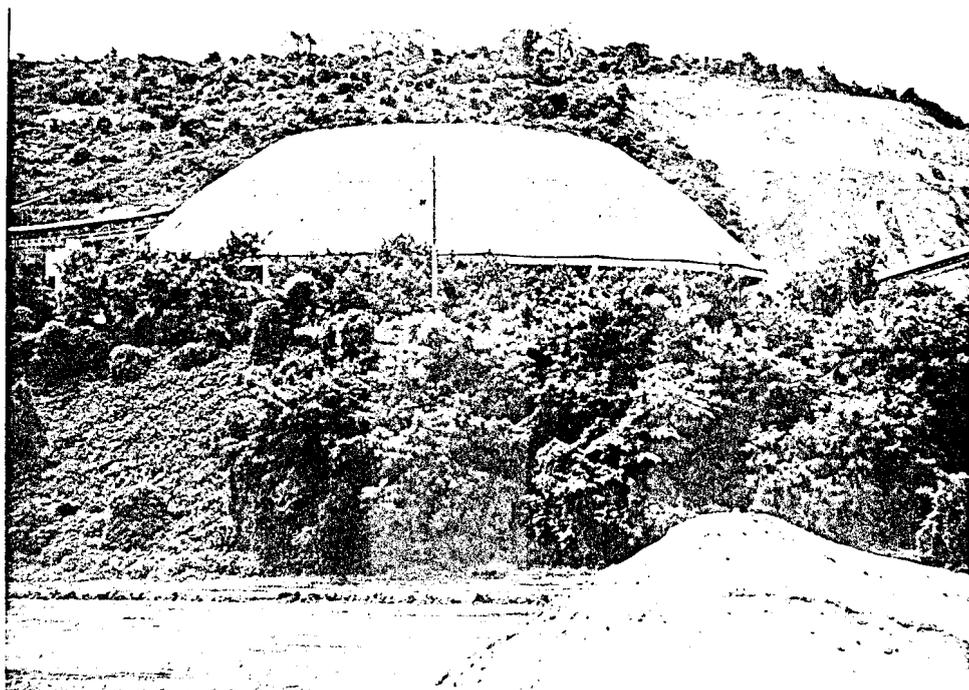


Foto #4: CIRCO DE ALMACENAMIENTO DE LAS TRITURADORAS  
SECUNDARIA Y TERCIARIA

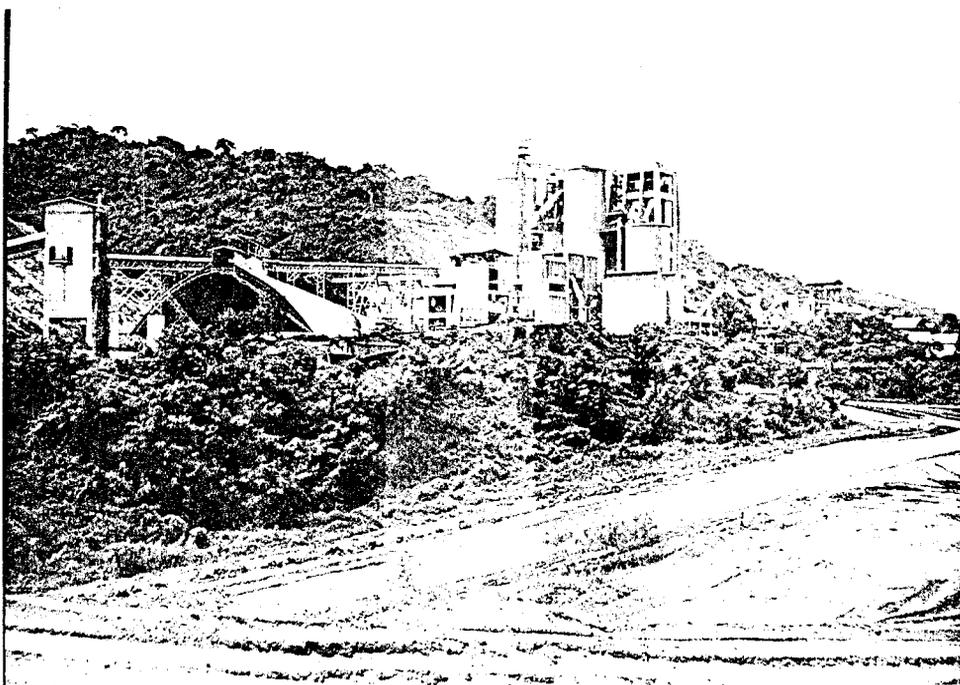


Foto #5: PLANTA

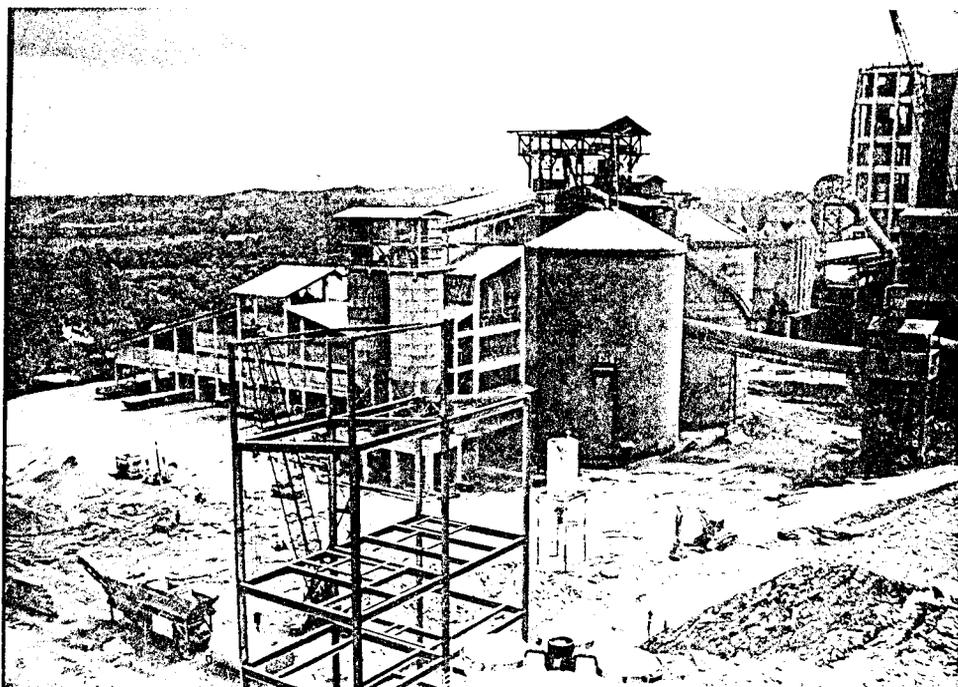


Foto #6: SILO DE ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO FINAL Y EL ENVASE

intraclásticas masivas de color gris oscuro, silicias y margas de color gris;  $\text{CaCO}_3$  75% a 80%.

**Unidad III:** Consiste de calcilutitas y calcarenitas de color beige y gris claro bien estratificadas;  $\text{CaCO}_3 > 90\%$ .

**Unidad IV:** Consiste de calcilutitas y calcarenitas de color gris bandeada con intercalaciones de margas;  $\text{CaCO}_3$  70% a 80%.

### 1.3. TOPOGRAFIA. -

La Cordillera de Chongón en su vertiente Sur desciende en este punto desde los 400 metros, pasando por el pie de monte que es donde están las canteras y la Llanura que colinda con el Litoral del Estero de Poza Honda. tiene una caída suave que ha sido alterada por la operación de la Cantera. En esta vertiente, dentro del área de estudio, se observan las Quebradas Gallegos y Huayjazu (Ver mapa # 2).

### 1.4. CLIMA. -

El clima de esta Región puede ser considerado como

atípico, debido a la influencia que ejerce sobre el Golfo de Guayaquil la corriente polar fría de Humboldt, por lo que las temperaturas oscilan entre los 17 y 37 grados centígrados, anualmente; las temperaturas son ligeramente inferiores en la segunda mitad del año.

La humedad oscila entre el 35% y 97%, con una media anual de 70%. La presión atmosférica oscila entre los 1004.2 y 1016 milibares.

Los vientos predominantes son del suroeste de origen marino. Las precipitaciones son muy irregulares, pero predominan a partir de fines del mes de Diciembre hasta fines del mes de Mayo, con una precipitación sobre los 1000 milímetros de agua en años normales.

#### 1.5. VEGETACION:-

La vegetación del área de estudio, es la típica del territorio peninsular del Ecuador (parte sur de Manabí hasta Posorja). Predominan los Ceibos, Guayacanes, Algarrobos, Samanes, vegetación herbácea, arbustos de maderas duras y en menor proporción Acacias, Eucaliptos y Cedros.



Foto #7: VEGETACION EN LA QUEBRADA GALLEGOS

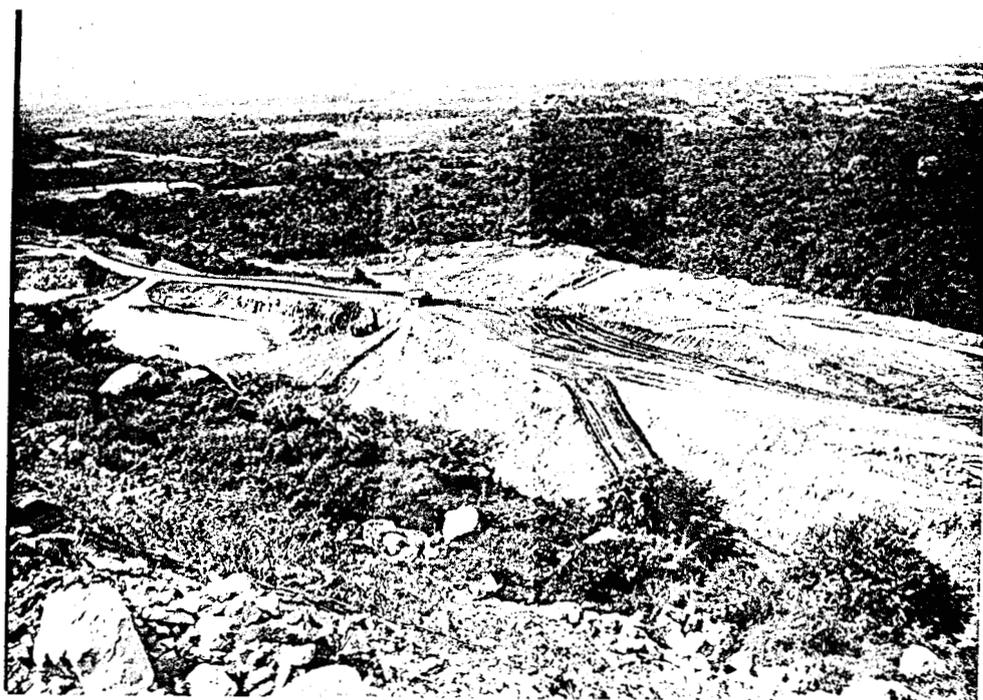


Foto #8: VEGETACION AL SE DE LA CANTERA



Foto #9: VEGETACION AL SW DE LA CANTERA

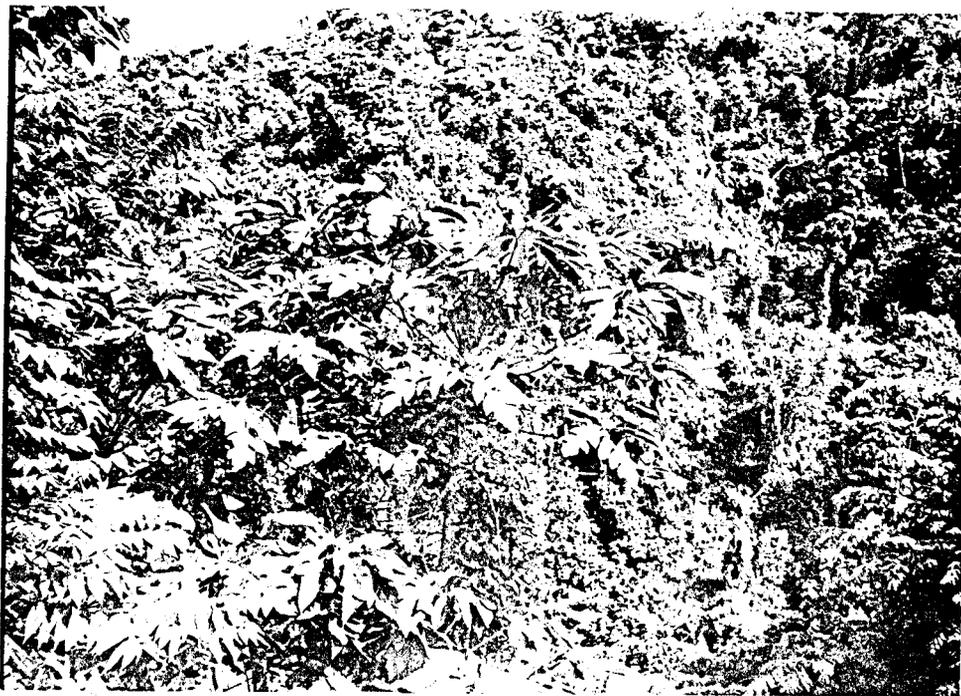


Foto #10: VEGETACION AL NORTE DE LA CANTERA

## CAPITULO 11

### LEGISLACION PERTINENTE

#### 1.1. DE LA PRESERVACION DEL MEDIO AMBIENTE:-

La Ley de Minería vigente, aprobada en la ciudad de Quito, el 31 de Mayo de 1991, expresa:

**Art. 79.- Estudios de Impacto Ambiental.** Los titulares de concesiones mineras y de plantas de beneficio, fundición y refinación, deberán efectuar estudios de Impacto Ambiental y planes de manejo ambiental para preservar, mitigar, rehabilitar, controlar y compensar los impactos ambientales y sociales derivados de sus actividades. estudios que deberán ser aprobados por la Subsecretaria de Medio Ambiente del Ministerio de Energía y Minas.

**Art. 80.- Plan de Manejo Ambiental-** Todo plan de manejo ambiental deberá contener:

1. Descripción del proyecto y las medidas

ambientales a aplicarse, las cuales deberán estar orientadas a:

- a) Protección: Acciones para protección de flora y fauna silvestres, paisaje natural, suelo y comunidades indígenas; .
- b) Prevención y control de la contaminación, deforestación, erosión y sedimentación;
- c) Seguimiento **y** monitoreo para control de la contaminación, deforestación, erosión y sedimentación;
- d) Rehabilitación: Reforectación, control de erosión y restauración de las áreas afectadas;
- e) Mantenimiento: Programas de mantenimiento de plataformas, piscinas, equipos, ductos, tanques de almacenamiento, caminos y otras obras civiles en general;
- f) Emergencia y contingencia: Planes **de** contingencia para derrames de productos contaminantes en los cursos de agua, en el mar y en la tierra firme, para

afrontar imprevistos y accidentes;

g) Mitigación: Limpieza de derrames de productos contaminantes, recolección, procedimiento y disposición final de residuos, basura y chatarra; y, obras civiles complementarias; y,

h) Compensación: Reposición de bienes afectados por los proyectos a comunidades, pobladores, etc.;

2. Cronograma de actividades;

3. Mapa del área de ejecución del proyecto, delimitando el sitio o los sitios donde se los ejecutará y su posible área de influencia;

4. Tratamiento a dar a los desechos sólidos. efluentes líquidos y gaseosos, antes de que estos sean descargados al medio ambiente, de acuerdo a los límites permisibles;

5. Evaluación del cumplimiento de las medidas ambientales programadas;

6. Declaración de efecto ambiental, para la etapa

de exploración;

7. Estudio de impacto ambiental, con su respectivo plan de manejo ambiental, para las etapas de explotación, diseño, construcción, operación y desmantelamiento del proyecto; y,
8. Programas de capacitación y concientización ambiental permanente de los empleados, para incentivar acciones que minimicen el deterioro ambiental.

Estas condiciones serán incorporadas a los requisitos para obtener concesiones.

**Art. 81.- Tratamiento de aguas-** Los titulares de derecho minero que utilicen aguas para sus trabajos deben devolverlas al cauce original del río o a la cuenca del lago o laguna donde fueron tomadas, libre de contaminación para **que** no se afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora y fauna.

**Art. 82.- Reforestación.** Si la actividad minera requiere de trabajos a tajo abierto u otros que obliguen a la tala de árboles, será obligación del titular del derecho minero proceder **a** la reforestación con las especies propias de la zona.

**Art. 83.- Acumulación de residuos,** Los concesionarios, para acumular residuos minero-metalúrgicos deben tomar estrictas precauciones contra la contaminación del suelo o de la zona, construyendo los depósitos o represas necesarios.

**Art. 84.- Conservación de la flora y fauna-** Si dentro de las áreas concedidas existen especies de flora o fauna de comprobado valor científico o económico, serán objeto de un tratamiento especial que contribuya a su conservación por parte de los titulares mineros.

**Art. 85,- Manejo de desechos.** El manejo de desechos y residuos sólidos, líquidos y emisiones gaseosas que la actividad minera produzca dentro de los límites del territorio nacional, deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Desechos con presencia de material radiactivo serán almacenados herméticamente conforme a las normas internacionales, para que sean trasladados al cementerio de desechos radiactivos. en coordinación con la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica:

- b) Los desechos que por su naturaleza no sean biodegradables como plásticos, vidrios, aluminio, hierro y otros serán trasladados a sitios preestablecidos para su disposición; y,
- c) Los desechos que por su naturaleza sean biodegradables como basura y otros de origen doméstico, serán puestos en sitios preestablecidos y sometidos a su degradación a fin de obtener productos como el compostage, que sirvan para los programas de rehabilitación de las áreas afectadas.

**Art. 86.- Protección del ecosistema,** La instalación de plantas de beneficio. fundición, refinación, de talleres y otras instalaciones que deben contar con dispositivos de protección del ecosistema que eviten la contaminación ambiental, sujetándose en este caso y los previstos en artículos anteriores a las Leyes Nacionales vigentes en la materia, así como a los tratados. acuerdos y convenios internacionales de que el Ecuador sea signatario, y a las disposiciones pertinentes del Reglamento General de esta Ley.

**Art. 87.- Limitaciones-** El Estado no fomentará las actividades mineras dentro de los límites del

Patrimonio Forestal del Estado, y de las áreas protegidas. Solamente por motivo de interés nacional se permitirán tales actividades siempre y cuando se cumpla con lo establecido en esta Ley y su Reglamento.

Todas las actividades de prospección, exploración y explotación minera dentro de las tierras que constituyen el Patrimonio Forestal del Estado en las áreas protegidas, requerirán de autorización del Ministerio de Agricultura y Ganadería para cada caso específico y se regirán, en cuanto a protección del medio ambiente, por las disposiciones de esta Ley, la Ley Forestal; y las demás normas pertinentes.

Las personas naturales quedan terminantemente excluidas de realizar actividades mineras dentro de los límites del Patrimonio Forestal del Estado o en las áreas protegidas.

Dentro de los límites del Patrimonio Forestal del Estado o en las áreas protegidas se utilizará un sistema de explotación subterránea, con el menor número de zonas de ingresos a la mina que sean posibles, a fin de minimizar los efectos ambientales.

Se prohíbe dentro del Patrimonio Forestal del Estado y áreas protegidas la minería de lavaderos o placeres.

Dentro de los límites del Patrimonio Forestal del Estado o en las áreas protegidas, se prohíbe terminantemente toda actividad de industrialización de minerales.

## CAPITULO III

### IMPACTO AMBIENTAL

#### 3.1. DEFINICION DE IMPACTO AMBIENTAL, -

Los problemas ambientales son tan antiguos como el hombre. Lo que es nuevo es su dimensión, a la cual han contribuido muchas causas interrelacionadas todas ellas, pero las mas destacadas son:

- a) Elevado crecimiento demográfico;
- b) Desarrollo y difusión de la tecnología industrial;
- c) Mejora de las comunicaciones;
- d) La creciente urbanización.

En los años 60, es cuando se comienzan a percibir con nitidez los problemas de deterioro del medio ambiente, razón por la cual estos temas ambientales

pasan a ser de interés general.

Hoy en día, en todos los países, el concepto del Medio Ambiente tiene un sentido único generalizado, cada vez mas amplio hasta el punto de que conceptos tan complejos como "Calidad de Vida" y los "Asentamientos Humanos" se integran en su temática. Sin embargo, persiste el matiz de que los problemas ambientales de los países industrializados se derivan en su mayor parte del proceso de desarrollo, mientras que en los países en vías de desarrollo, se deben principalmente a la falta de desarrollo (condiciones muy deficientes de asentamientos humanos, falta de vivienda, falta de escuelas, deficiencia de nutrición, destrucción de bosques, etc.).

Los dos grandes componentes del Medio Ambiente son:

- a) El Medio Ambiente natural; y,
- b) El Medio Ambiente cultural.

El Medio Ambiente natural consta de cuatro sistemas interrelacionados (la atmósfera, la hidrósfera, la litósfera y la biósfera). El Medio Ambiente cultural está definido por el conjunto de

infraestructuras, sistemas sociales e institucionales creados por el hombre. El Medio Ambiente define pues, la forma en que las sociedades humanas se han organizado y funcionan para satisfacer sus "necesidades humanas".

Por las razones antes expuestas, el concepto mas adecuado para definir al Impacto Ambiental es:

El cambio de valor del medio o alguno de sus elementos, como consecuencia de una acción o actividad que produce una alteración o un conjunto de ellas en el mismo o en algunos de sus componentes (1).

### **3.2. OBJETO DE SU EVALUACION.-**

La evaluación del Impacto Ambiental tiene como principal objetivo la identificación, predicción e interpretación de alteraciones en el medio ambiente, ocasionados por cualquier acción, actividad o proyecto.

La industria minera como causante de alteraciones en el medio ambiente, debido a su naturaleza extractiva, se ve obligada a cambiar y modificar las condiciones primitivas de la tierra; cambio que en oportunidades puede tener apariencia negativa para el medio ambiente natural y social.

### 3.3. ALTERACIONES DEL MEDIO AMBIENTE--

Los tipos de alteraciones en el medio ambiente ocasionados por la operación minera, se los puede agrupar de la siguiente manera:

MEDIO FISICO	ALTERACION GENERAL AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL ESPECIFICO
Aire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calidad</li> <li>- Ruido y ondas aéreas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polvo y gases</li> <li>- Voladuras y maquinarias</li> </ul>
Aguas superfi- ciales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calidad química</li> <li>- Calidad física</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua mineralizada o ácida.</li> <li>- Erosión y sedimentación.</li> </ul>

MEDIO FISICO	ALTERACION GENERAL AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL ESPECIFICO
Aguas subterra- neas	- Cantidad	- Modelo hidrogeológico  - Alteración de caudales
	- Calidad química	- Aguas mineralizadas o ácidas.
	- Sismicidad	- Vibraciones del terreno

MEDIO FISICO	ALTERACION GENERAL AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL ESPECIFICO
Tierra	- Morfología	- Cambios importantes en la topografía
	- Drenaje	- Modificación de la red natural de drenaje.
	- Vegetación	- Destrucción de vegetación autóctona y menor productividad.
	- Textura superficial	- Rocas sobre suelos superficiales.
	- Paisaje	- Cambio de paisaje.

### 3.3.1. Alteración del aire-

En las labores mineras los agentes que alteran la calidad del aire son:

- Las partículas inertes (polvo);
- Los compuestos gaseosos; y,
- Los compuestos radiactivos.

Todos estos agentes están condicionados por los siguientes factores: Vientos, precipitaciones, tipo de suelo, humedad.

#### 3.3.1.1. Polvo.-

Son partículas contaminantes en estado sólido, su naturaleza depende del material primitivo. Se produce **por** acción del viento **sobre** superficies excavadas, escombreras, transporte de minerales, tráfico de vehículos, etc.

Por la importancia que tiene el **polvo** para la salud pública, se lo ha

clasificado de la siguiente manera:

1. Según su composición:

a) Orgánicos.- Pueden ser de origen vegetal., Y comprenden el algodón, madera, tabaco, azúcar, harina y bagazo de caña; y de origen animal, que comprenden los huesos, lanas y cuero.

b) Inorgánicos.- Se clasifican a su vez en sintéticos ( plásticos, plaguicidas Y fertilizantes), metálicos (hierro, cobre, plomo y manganeso) y minerales (asbesto, cuarzo y mica).

2. Según el tamaño de las partículas:

a) Mayores de 10 micras (se observan a simple vista).

- b) De 0.25 a 10 micras (se observan en microscopio).
- c) Menores a 0.25 micras (son visibles en microscopio electrónico).

3. Según las partículas, pueden o no fijarse en los pulmones:

- a) Las menores de 0.25 micras, llegan a los pulmones, pero pueden ser expulsadas por la respiración.
- b) Las de 0.25 micras a 5 micras, son las partículas causantes de la neumoconiosis, Y se encuentran casi siempre en los pulmones.
- c) Las de 5 a 10 micras, penetran muy rara vez en los pulmones.
- d) Las de 10 a 50 micras, casi

nunca se encuentran en los  
pulmones, quedan en las  
vías respiratorias  
superiores.

## **CAPITULO IV**

### **METODOS DE CONTROL DE POLVO USADOS EN LA MINA**

#### **4.1. EN LAS PERFORACIONES, -**

La operación de perforación, es normalmente una fuente considerable de emisión de polvo. Se utiliza como medio de control los colectores de Polvo (polveras), que están ubicados en la parte inferior derecha de la deslizadera hidráulica de la máquina perforadora.

El mecanismo de los colectores consiste en recibir el polvo de la perforación, a través de mangueras flexibles, que se sitúan al rededor del emboquille de los barrenos. El polvo recolectado se lo aprovecha como arena fina para el taqueado de los barrenos, al final de su carga.

El colector de polvo utilizado en las perforaciones, tiene las siguientes características:

-	Colector de finos	PE1000H
-	Elementos del filtro	20pcs/fibra
-	Area del filtro	16 mts. cuadrados
-	Capacidad de filtración	5 micras
-	Capacidad de succión	28 mts. cúbicos por minuto
-	Motor hidráulico	16 kW
-	Ciclón primario	PE80H

#### 4.2. EN LAS VIAS DE TRANSPORTE INTERNO--

Se refiere a las vías de transporte dentro del área de estudio (La Cemento Nacional S.A.). Estas vías, como en toda mina a tajo abierto, son el *mayor* foco emisor de polvo-

En este caso. las vías se las ha clasificado en dos tipos:

- Vías pavimentadas: Por estas vías circulan los camiones que transportan Cemento fuera de la planta; con una frecuencia de circulación aproximada de 5 a 8 minutos entre camión Y camión. Además circulan por estas vías un número indeterminado de carros livianos y pesados de distintas características.

En estos caminos se controla la presencia del polvo, mediante la limpieza de las vías utilizando una barredora mecánica de tipo TENNANT 95 SE.

En tiempos de escasas precipitaciones pluviales, el uso de la barredora mecánica es insuficiente, por lo que se complementa el control del **polvo**, con el riego de agua en las vías, mediante carros cisterna.

- Vías no pavimentadas: Soportan un tráfico mas pesado que las vías anteriores, tales como volquetas con una capacidad de transporte que oscila entre 43 y 47 toneladas, utilizados para las operaciones de extracción del mineral en la cantera; palas mecánicas con capacidad de carga de 7 toneladas y perforadoras.

Para el control del polvo en esta clase de vías, se utiliza el riego con agua, mas un agente químico a traves de carros cisterna.

El agente químico utilizado en este proceso es el DUST STAIN, que opera aglomerando las particulas sueltas en la cubierta consiguiendo humedecer el polvo mas fino, que es el de mas

difícil control y minimizar el consumo de agua.

Este agente químico tiene la característica de ser biodegradable, su dosificación para el caso de esta mina, es **1** litro de Dust Stain, por cada 200 litros de agua; su duración aproximada de efecto oscila entre **3** y **4** horas y su efectividad está entre el 70% y 85%.

El costo de la utilización de este método, oscila entre los US \$ 7.500,00 y US \$ 12.000,00 al año.

#### **4.3. EN LOS CENTROS DE ALMACENAMIENTO Y PUNTOS DE TRANSFERENCIA--**

Para el transporte del mineral triturado hacia la pila de almacenamiento, se utiliza el sistema de bandas transportadoras, que tienen una capacidad de transporte de 0.13 toneladas de mineral triturado, por cada metro lineal de banda.

Tanto las bandas como la caída del mineral a la pila de almacenamiento, son normalmente considerables focos emisores de polvo al ser azotados por el viento. El medio de control que se utiliza en estas operaciones, es una cubierta metálica, en forma de

"U" invertida para las bandas y de forma cónica para la pila.

#### 4.4. EN LA MANIPULACION DEL MATERIAL PULVERIZADO.-

Se utilizan filtros electroestáticos, los cuales actúan formando un campo magnético atrapando a las partículas en suspensión, para luego depositarlas en un tornillo sin fin, que recicla el polvo llevándolo al siguiente paso del proceso de la fabricación del cemento (almacenamiento del crudo).



**BIBLIOTECA**



**BIBLIOTECA**

## CAPITULO V

### EXPERIMENTACION

#### 5.1. MEDICION DIRECCIONAL DEL POLVO--

Con el fin de determinar la dirección de las partículas sólidas fugitivas de los diferentes focos de emisión, se utilizó el Método de Medición Direccional del polvo, que consiste **en la** construcción **de** medidores direccionales, ubicados en puntos críticos (Estaciones) de la zona de estudio.

En la realización de esta prueba se utilizó un total de cinco medidores direccionales de polvo. cuyo tiempo de exposición al ambiente fue de **8 horas** diarias. durante 20 días.

Cada medidor se orientó con respecto al **eje** formado entre la cabeza colectora **1** y la cabeza colectora **3** (Ver Mapa # **3** ).

Cada cabeza colectora tiene una abertura, por la

cual entra la corriente de aire cargada de polvo, formando un torbellino dentro del tubo, depositándose el polvo en las paredes de éste.

Las paredes del tubo al saturarse de este elemento, hacen que se precipite al depósito inferior. pasando por un embudo que tiene como finalidad el que la turbulencia formada dentro del tubo, no arrastre las partículas que se encuentran en el depósito.

#### 5.1.1. Descripción del Equipo.-

Cada equipo utilizado en la medición direccional del polvo, está compuesto por 4 cabezas colectoras de plástico (tubo de 4 pulgadas), que se adaptan por medio de ángulos y arandelas a un eje vertical cilíndrico metálico, el que esta' unido a su vez, a una plancha metálica de 40 X 40 cmts. y de 3/16 pulgadas de espesor.

Las cabezas colectoras tienen en su parte superior una tapa y en su parte inferior un embudo. Disponen de unas aberturas para la circulación del aire y un depósito inferior en donde se recoge el polvo por gravedad; estas cabezas fueron numeradas

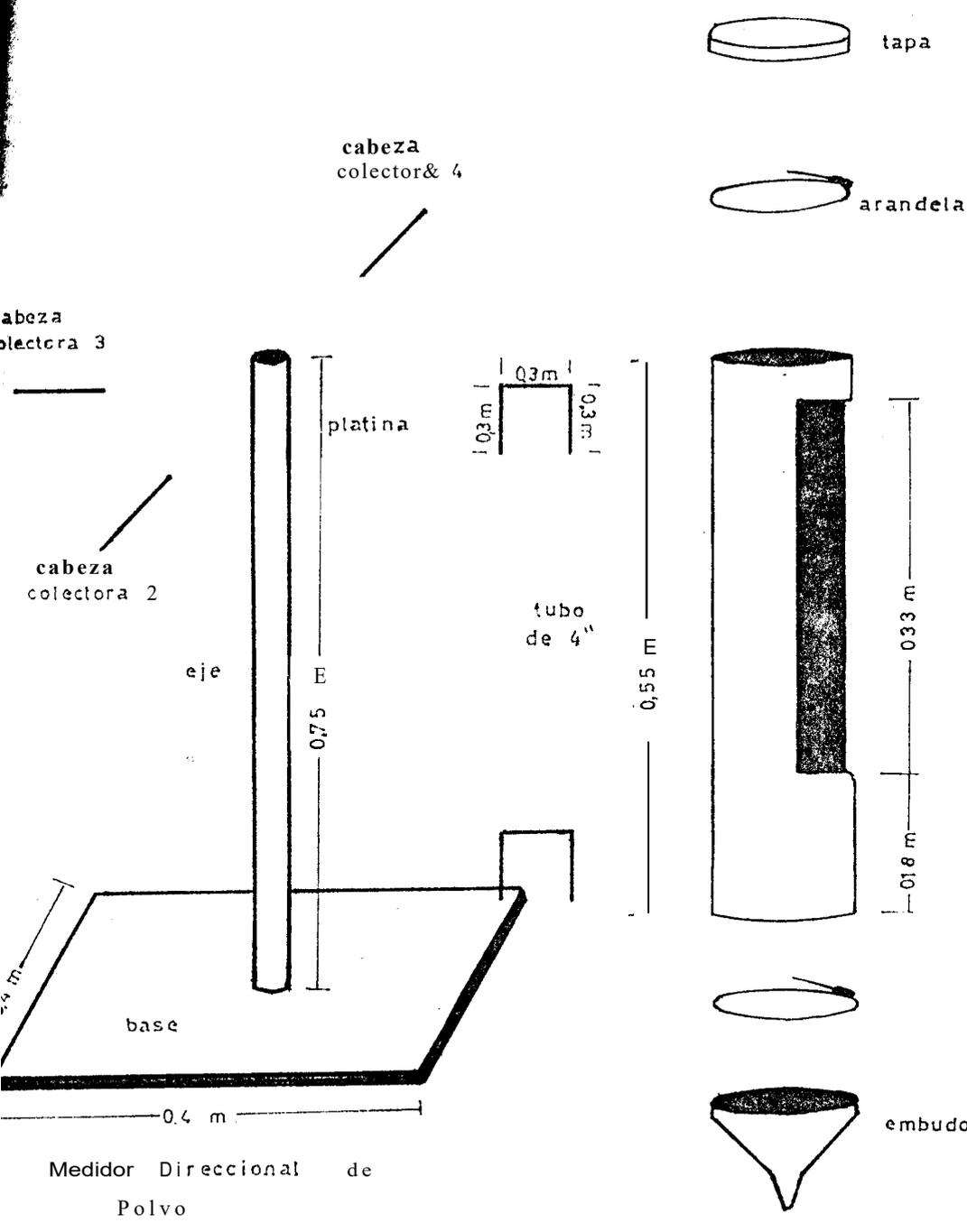
en el sentido de las manecillas del reloj.  
(Ver Fig. # 1).

### 5.1.2. Selección de Estaciones.-

Las estaciones motivo de estudio, fueron seleccionadas en base a la dirección (Suroeste) predominante del viento en esta zona y a los focos potencialmente emisores de partículas sólidas al ambiente.

En base a lo anteriormente expuesto, **las** estaciones se ubicaron de la siguiente manera (Ver mapa # 3):

- Estación # 1: . A **450** mts. de la Quebrada Gallegos, hacia **el** Este, a **120** mts. de altura aproximadamente.
- Estación # 2: A 300 mts de **la** trituradora secundaria, en dirección Noroeste, a 50 mts. de altura aproximadamente (frente al depósito de clínquer).
- Estación # 3: A **250** mts. al sur del galpón de almacenamiento de la



cabeza colector 1

recipiente

FIG. 1

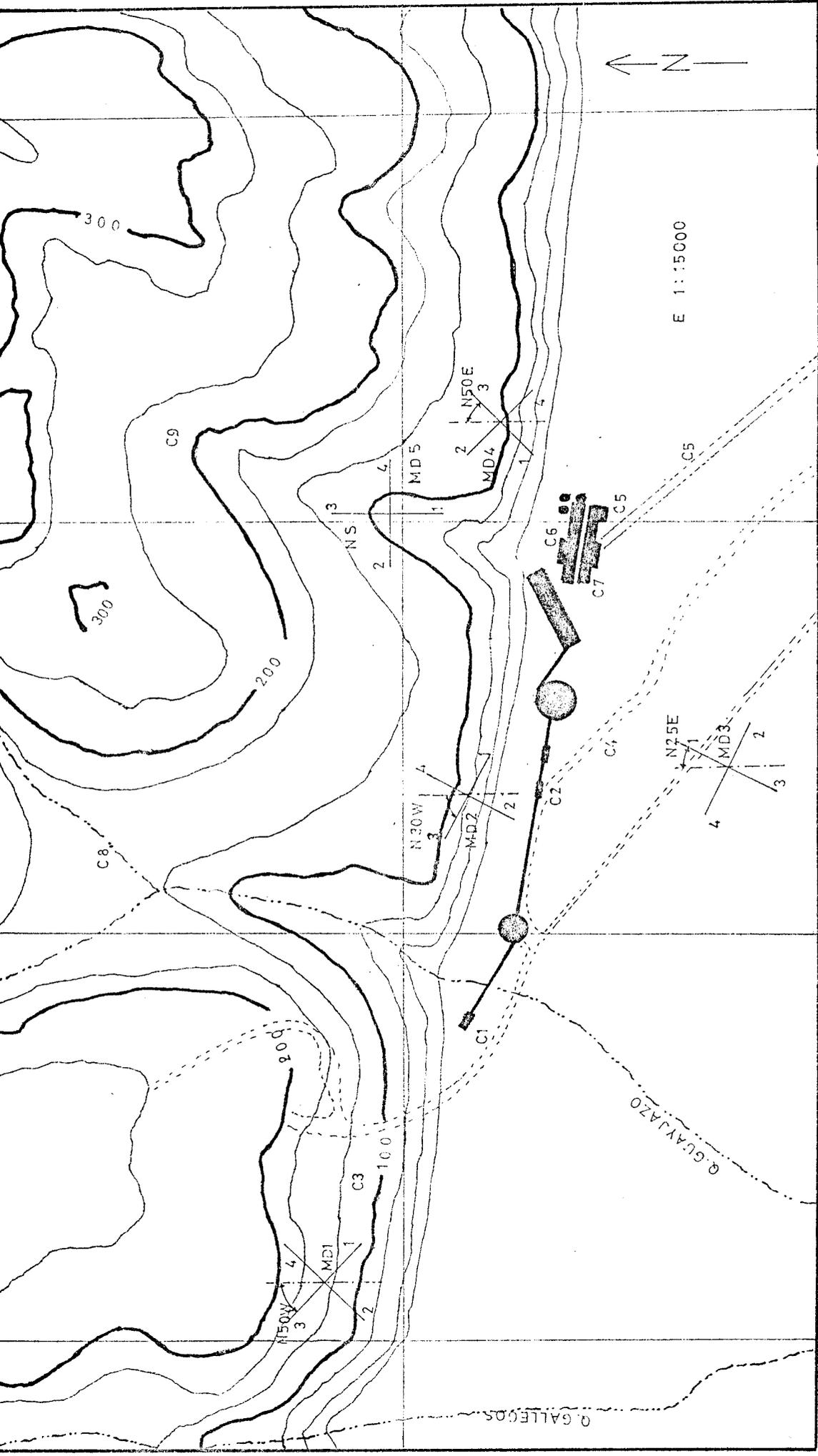
trituradora secundaria, a 10 mts. de altura aproximadamente.

- Estación # 4: A 300 mts. al Noreste de los silos de almacenamiento de cemento, a 100 mts. de altura aproximadamente.

- Estación # 5: A 450 mts. en dirección Norte Sur del silo de almacenamiento de crudo, a 90 mts. de altura aproximadamente.

Para un mejor control de los resultados, las estaciones fueron codificadas de la siguiente manera:

# DE ESTACION	CODIGO
1	MD1
2	MD2
3	MD3
4	MD4
5	MD5



MAPA Nº 3. UBICACION DE ESTACIONES DE MUESTREO



Foto #11: VEGETACION EN LA QUEBRADA AL NORTE DE LA PLANTA



Foto #12: VISTA EN LA DIRECCION 1-3 DEL MEDIDOR DIRECCIONAL  
COLOCADO EN LA ESTACION 1

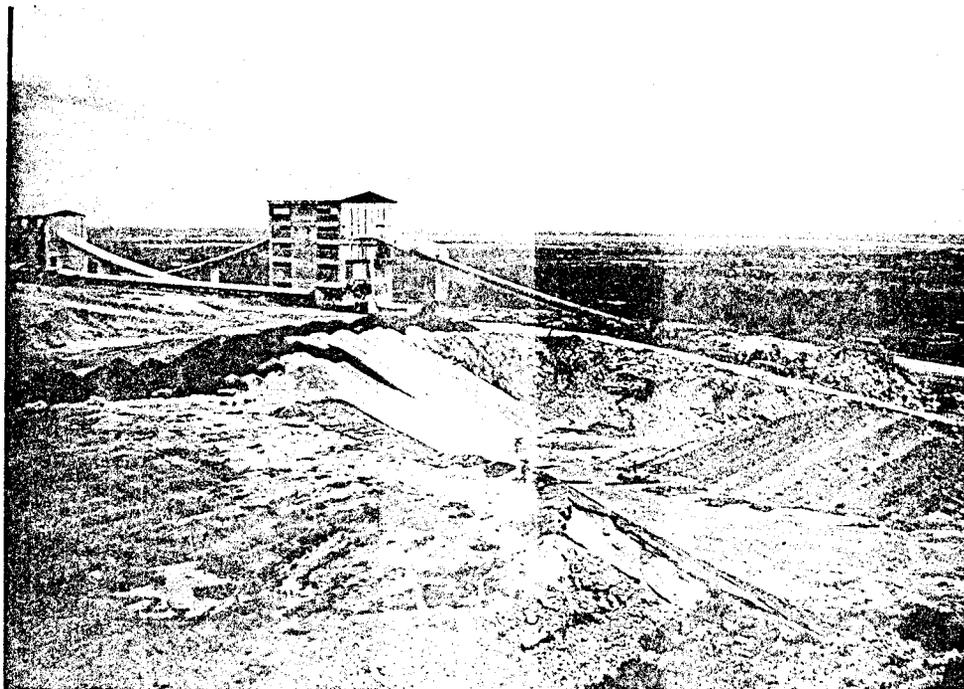


Foto #13: VISTA EN LA DIRECCION 1-3 DEL MEDIDOR DIRECCIONAL  
COLOCADO EN LA ESTACION 2

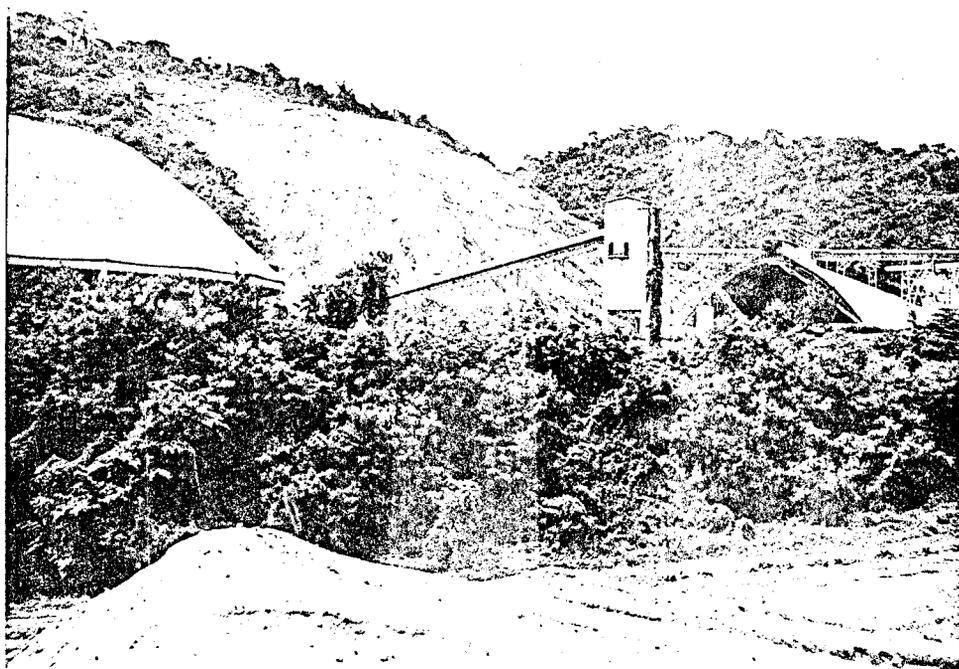


Foto #14: VISTA EN LA DIRECCION 1-3 DEL MEDIDOR DIRECCIONAL  
COLOCADO EN LA ESTACION 3

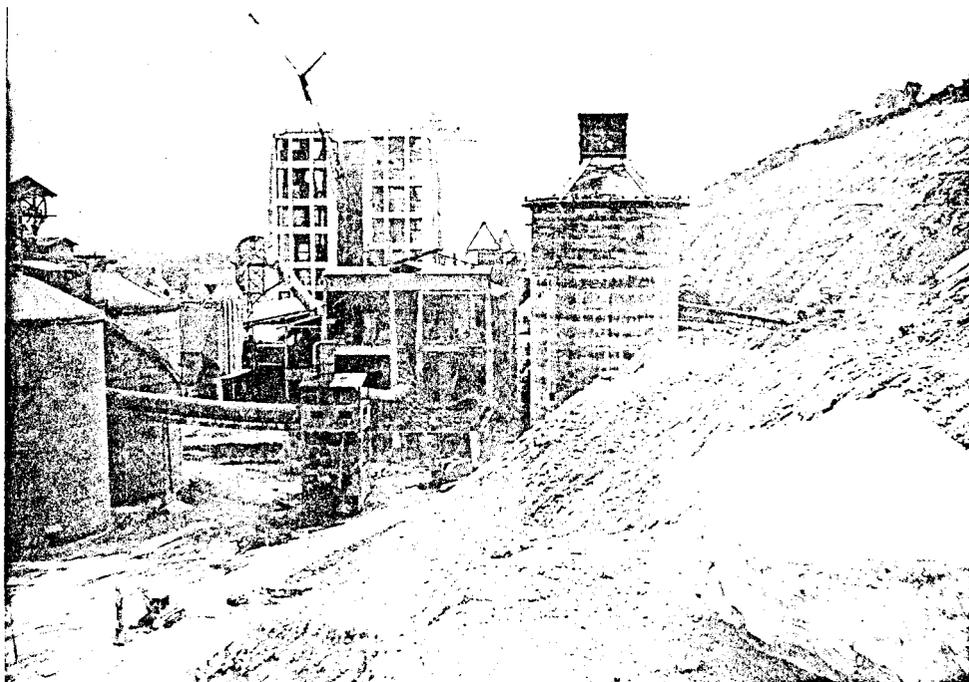


Foto #15: VISTA EN LA DIRECCION 1-3 DEL MEDIDOR DIRECCIONAL  
COLOCADO EN LA ESTACION 4

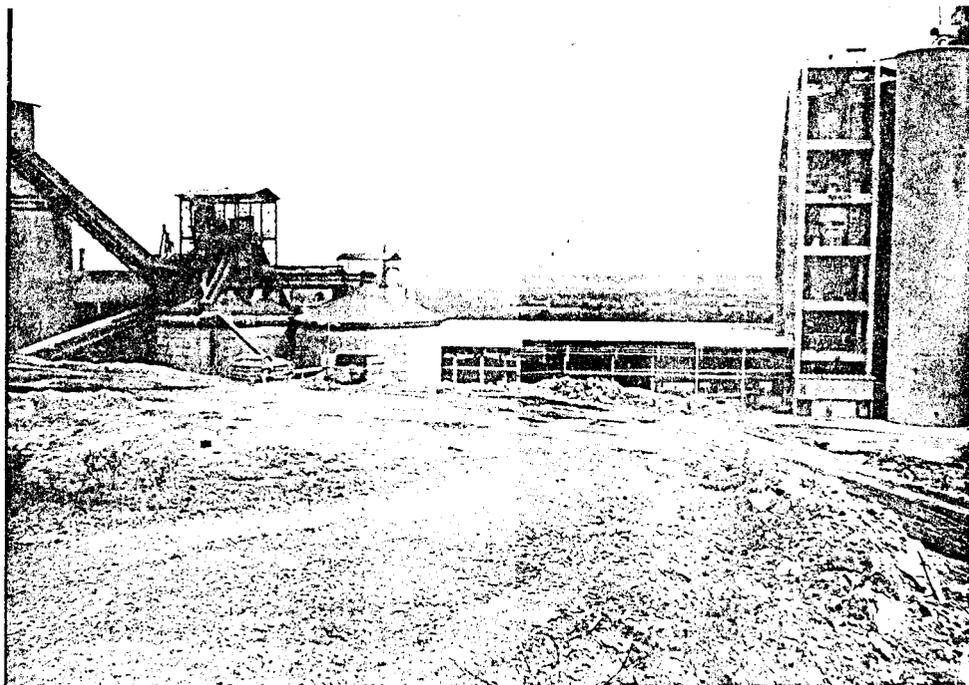


Foto #16: VISTA EN LA DIRECCION 1-3 DEL MEDIDOR DIRECCIONAL  
COLOCADO EN LA ESTACION 5

### 5.1.3. Resultados.-

Para poder expresar los resultados en forma objetiva, se les asignó a cada una de las cabezas colectoras de los Medidores Direccionales de Polvo, un porcentaje en relación a la cantidad recolectada en cada una de ellas; de tal manera que la suma de los porcentajes de las cuatro cabezas colectoras dé como resultado el 100%.

Los resultados obtenidos están representados en los gráficos que a continuación se detallan:

# MEASUREMENT DIRECTIONAL OF DUST IN THE STATION MD1

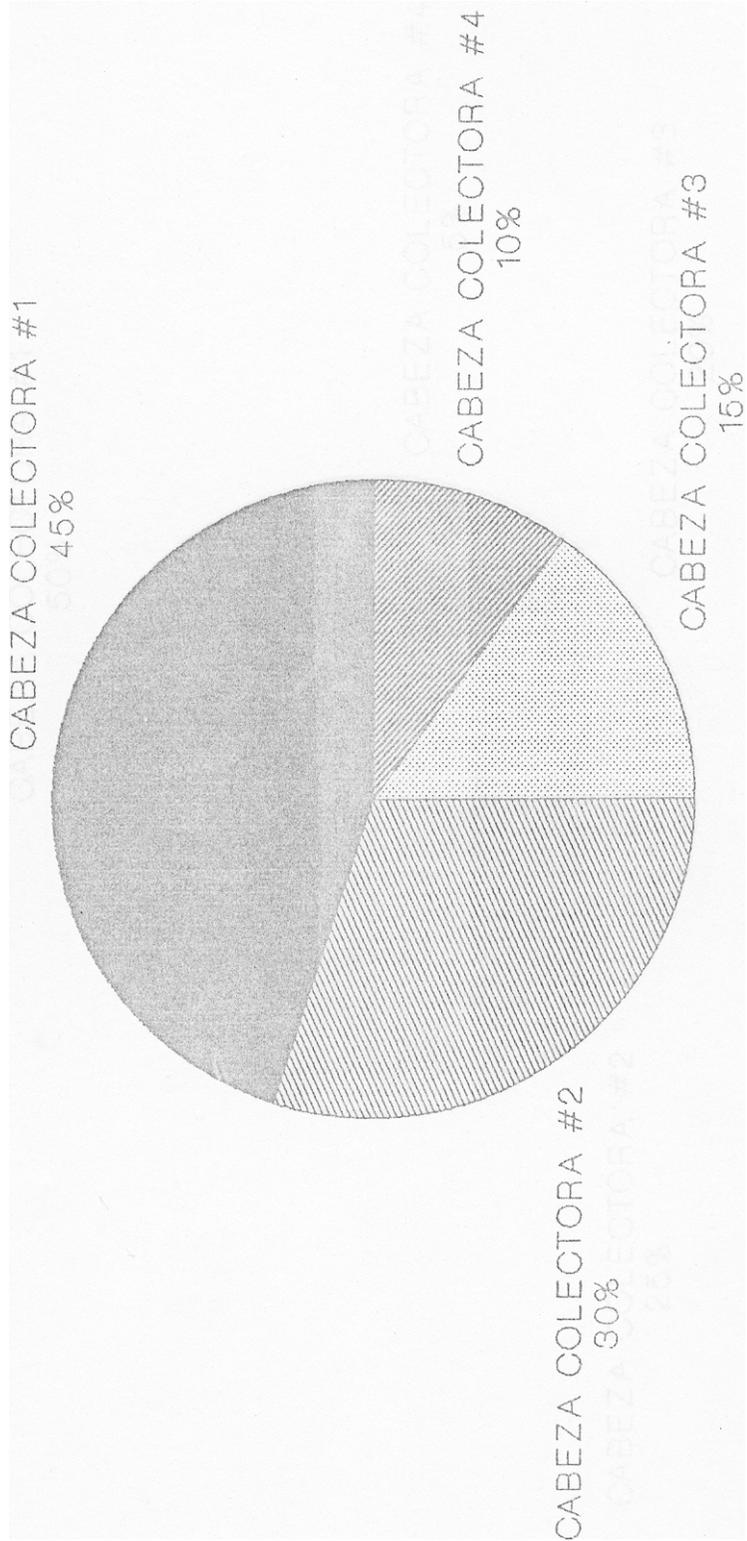


GRAFICO # 1

Distribucion del porcentaje de polvo en cada cabeza colectora



# MEDICION DIRECCIONAL DEL POLVO EN LA ESTACION MD2

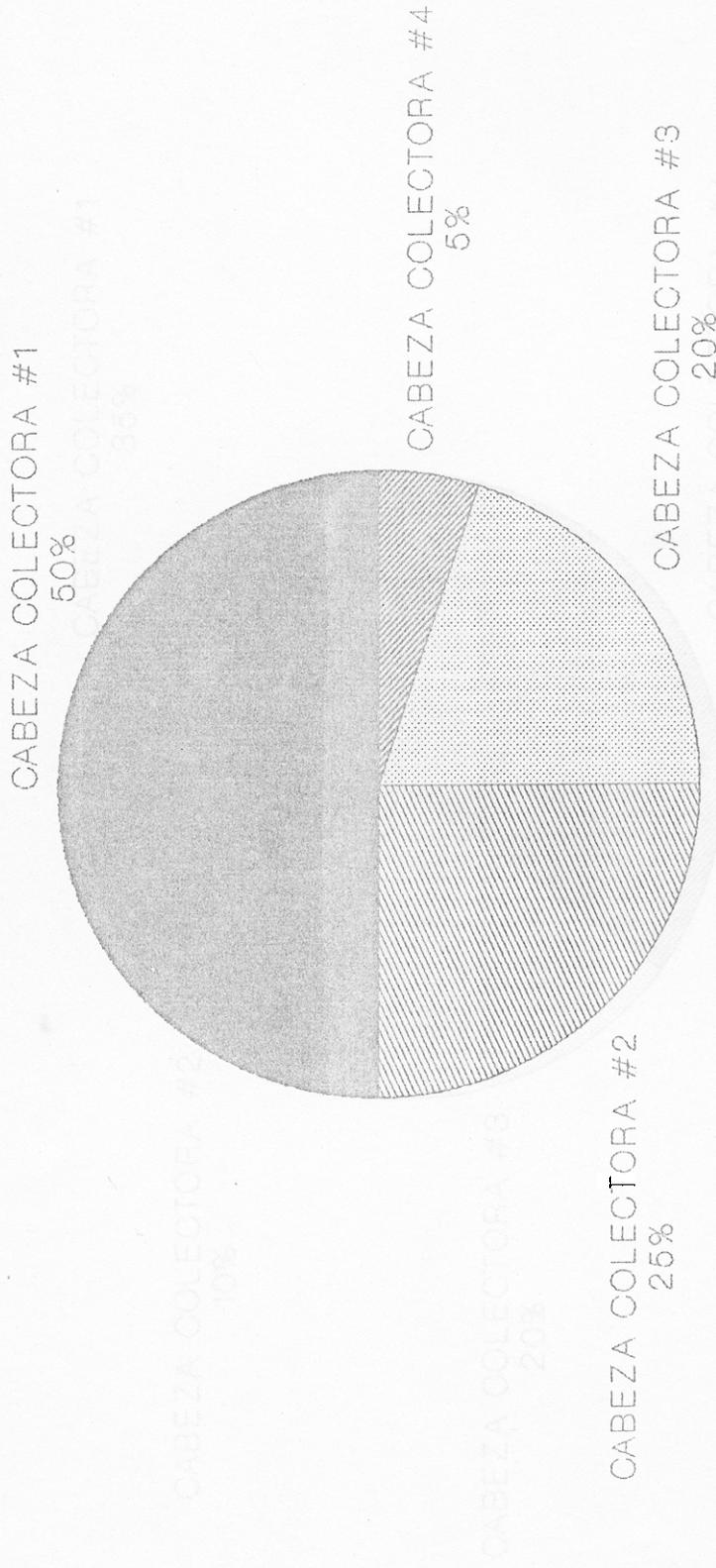


GRAFICO # 2

Distribucion del porcentaje de polvo en cada cabeza colectora

# MEDICION DIRECCIONAL DE POLVO EN LA ESTACION MD3

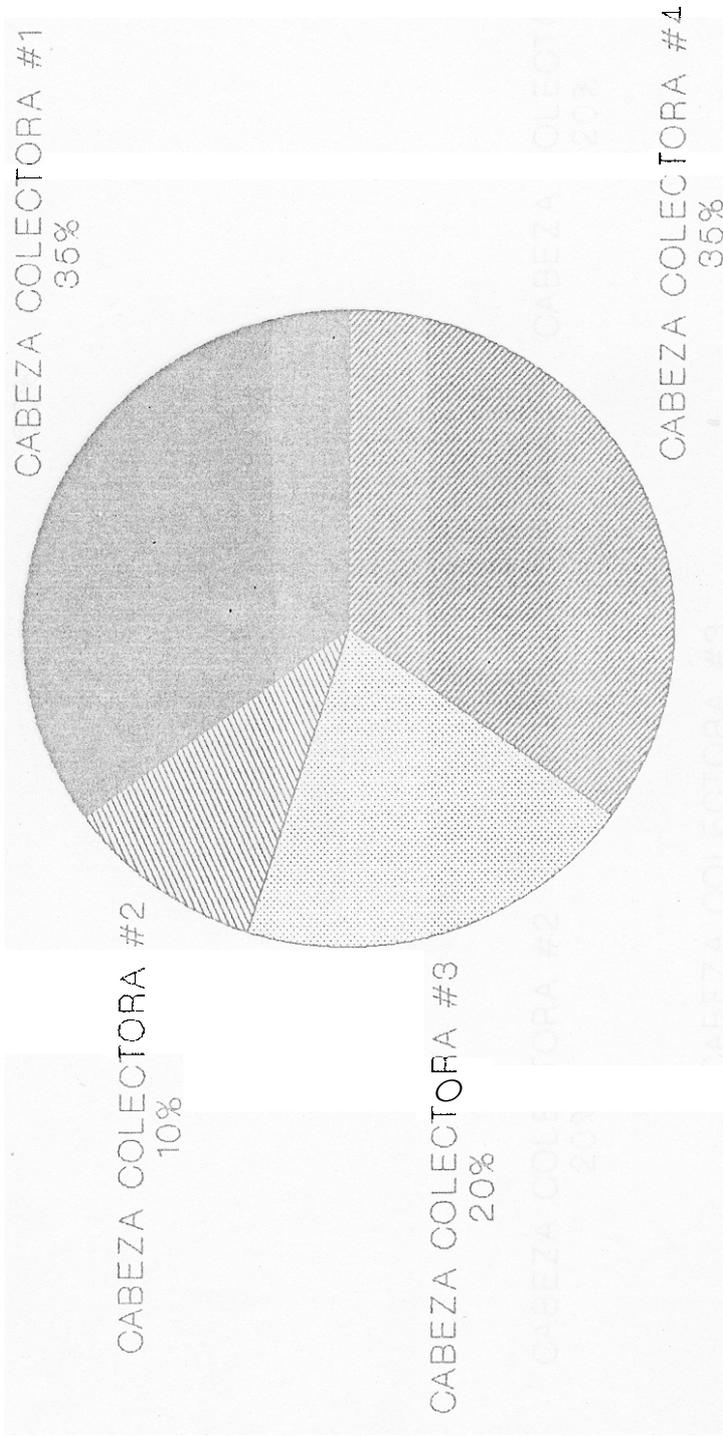
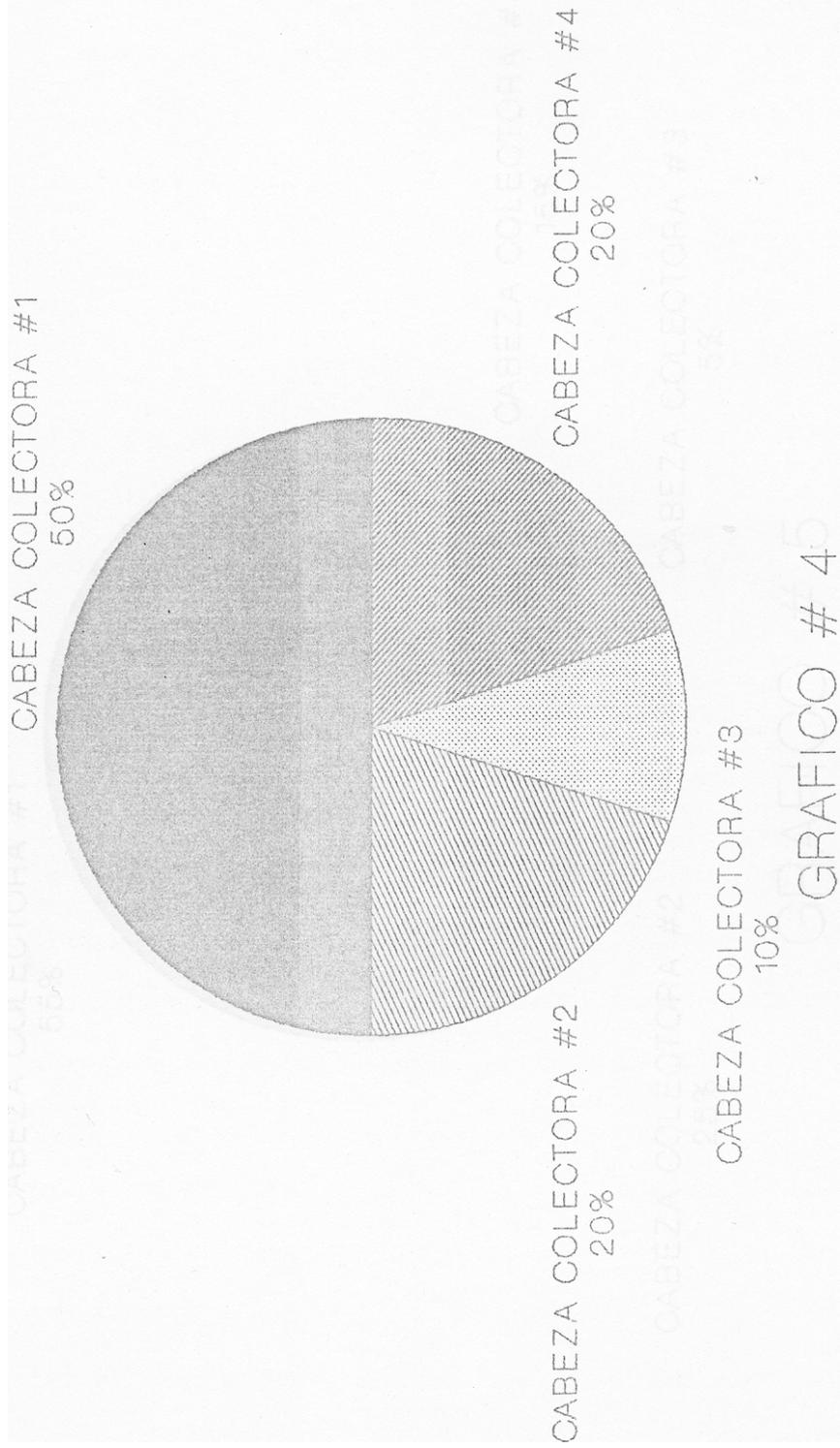


GRAFICO # 3

Distribucion del porcentaje de polvo en cada cabeza colectora

# MEDICION DIRECCIONAL DEL POLVO EN LA ESTACION MD4



Distribucion del porcentaje de polvo en cada cabeza colectora

# MEDICION DIRECCIONAL DEL POLVO EN LA ESTACION MD5

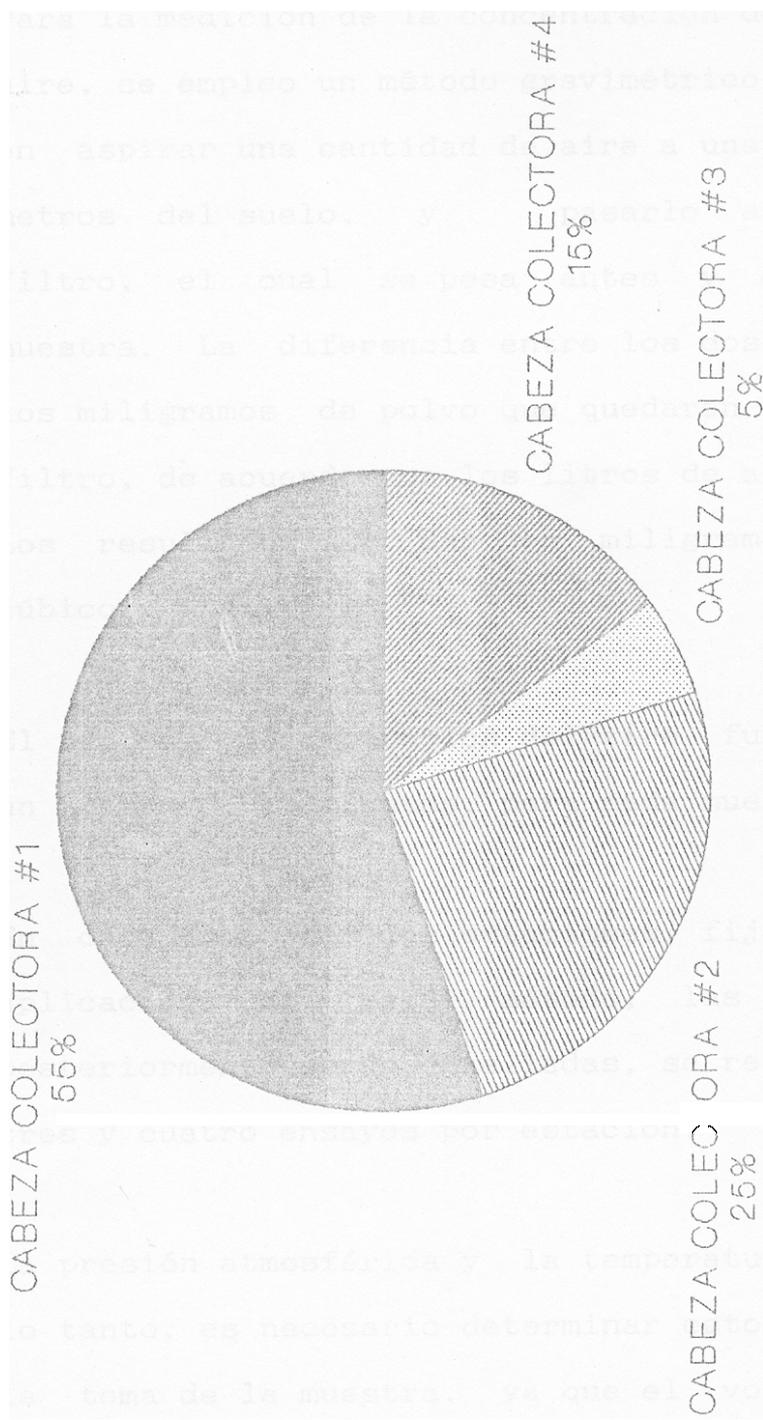


GRAFICO # 5

Distribucion del porcentaje de polvo en cada cabeza colectora

## 5.2. MEDICION DE CONCENTRACION DEL POLVO

Para la medición de la concentración del polvo en el aire, se empleo un método gravimétrico que consiste en aspirar una cantidad de aire a una altura de **1,5** metros del suelo. Y pasarlo a través de un filtro, el cual se pesa antes y después de la muestra. La diferencia entre los 'dos pesos nos dá los miligramos de polvo que quedaron fijados en el filtro, de acuerdo con los litros de aire aspirados. Los resultados se dan en miligramos **por** metros cúbicos.

El proceso de aspiración del aire fue realizado en un tiempo de 15 minutos, para cada muestra.

En cada una de las estaciones fijadas para la aplicación de este método, las mismas que posteriormente serán detalladas, se realizaron entre tres y cuatro ensayos **por** estación.

La presión atmosférica y la temperatura varían, **por** lo tanto, es necesario determinar estos elementos en la toma de la muestra, ya que el volumen del aire aspirado depende de ellos, de acuerdo con la ley de los gases.

Aplicando la siguiente formula se determinan las condiciones normales del medio ambiente en el lugar de la toma de la muestra:

$$V_o = V_t \frac{273 \times P}{(273 + T) 760} \quad (1)$$

$$V_t = v \times t \quad (2)$$

Donde:

**v<sub>o</sub>**: Volumen de aire a temperatura y presión normales.

**V<sub>t</sub>**: Volumen total de aire a la presión **P** temperatura del lugar.

**v**: Velocidad de aspiración en litros **por** minuto.

**t**: Tiempo de aspiración.

**273**: Constante

**P**: Presión barométrica en el tiempo de la toma de muestra.

**T:** Temperatura en el momento de la toma de muestra.

**760:** Constante.



**BIBLIOTECA**

Fórmula para determinar **la** concentración del polvo:

$$X = \frac{(g2 - g1)}{Vo} \cdot 1000 \quad (3)$$

Donde:

**X:** Concentración de polvo en miligramos por metro cúbico de aire.

**g1:** Peso inicial del filtro antes del proceso de aspiración.



**g2:** Peso final del filtro después del proceso de aspiración.

**Vo:** Volumen de aire a temperatura y presión normales en cada filtro.

**1000:** Constante para llevar litros a metros cúbicos de aire.

5.2.1. Cálculo de la velocidad de aspiración  
(Litros / minuto).-

Para calcular la velocidad de aspiración, se utilizó un recipiente de cuatro litros de capacidad con tapa, una manguera plástica transparente de un metro de largo y de una pulgada de diámetro, papel filtro, cronómetro y la aspiradora recargable.

La prueba consistió en colocar **humo** dentro del recipiente de cuatro litros, en la parte de la tapa se ubicó un extremo de la manguera, al otro extremo de la manguera se colocó el papel filtro y la aspiradora. Con el cronómetro se tomó el tiempo que el humo tardaba en llegar desde el recipiente a la aspiradora; proceso claramente visible a través de la transparencia de la manguera.

La prueba antes mencionada se realizó repetidamente por diez ocasiones, dando los siguientes resultados:

PRUEBA #	TIEMPO (en segundos)
1	1.94
2	1.95
3	1.99
4	1.96
5	1.98
6	1.97
7	1.94
8	1.95
9	1.97
10	1.95

Tiempo promedio (tp): 1.96 segundos.

Radio de la manguera (r): 0.0125 mts

Longitud de la manguera (l): 1 mto.

60.000: Constante para transformar mts<sup>3</sup>  
/segundos a lts / minuto.

Volumen de la manguera (V) :

$$\begin{aligned}
 V &= \pi r^2 l && (4) \\
 &= (\pi)(0.0125)(0.0125)(1) \\
 &= 4.9087 \text{ -EXP 04 mts}^3
 \end{aligned}$$

Velocidad de aspiracion (v) :

$$v = V / t_p \quad (5)$$

$$- (4.9087-EXP04)(60.000)/1.96$$

$$- 15.02 \text{ lts / minuto}$$

Velocidad aproximada de aspiración (v) :

$$v - 15 \text{ lts/minuto}$$

### 5.2.2. Equipo.-

El equipo utilizado en esta prueba, está compuesto **por**:

- Una aspiradora manual recargable, modelo 9334A de la Black & Decker, con una capacidad de absorción de 80 litros **por** minuto-
- Papel filtro Ederol fino, **de** 70 gramos. 50 X 50 centímetros.
- Altimetro. aneroide, Thommen.
- Termómetro.
- Balanza digital.

### 5.2.3. Selección de Estaciones.-

Las estaciones seleccionadas para este proceso, fueron las mismas que se utilizaron en el método de Medición Direccional del Polvo.

Adicionalmente **a** estas cinco estaciones, se ubicaron y codificaron **otras** estaciones en los siguientes lugares:

LUGARES	CODIGO
En la trituradora primaria	C1
En la trituradora secundaria	C2
En la cantera (carga)	c3
Vía sin pavimentar	c4
Via pavimentada (cerca del envase)	C5
Punto de cambio en la manipulacion del clinquer	C6

## LUGARES

## CODIGO

En el molino de bolas y  
precalentadores de crudo

C7



En la Quebrada Guayjazu

BIBLIOTECA  
CR

En la vertiente ubicada al  
norte de la estación # 5

C9

5.2.4. Resultados.-

Para una mejor exposición y comprensión de las tablas que a continuación se detallan, se utilizó la siguiente nomenclatura:

**g1:** Peso inicial del filtro antes del proceso de aspiración.

**g2:** Peso final del filtro después del proceso de aspiración.



BIBLIOTECA

**Ex:**  $(g2-g1)$  Exceso de polvo en el filtro.

**P:** Presión barométrica en el momento de la toma de la muestra.

- T:** Temperatura ambiental en el momento de la toma de la muestra.
- t:** Tiempo de aspiración.
- v:** Velocidad de aspiración. .
- Vt:** Volumen total **de** aire aspirado.
- Vo:** Volumen de aire a temperatura **y** presión normales.
- X:** Concentración de polvo.
- Te:** Temperatura promedio en la estación.
- Xe:** Concentración promedio en la estación.

TABLA I

CONCENTRACION DE BOLON EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION MD1

PRUEBA	g1 (gr)	g2 (gr)	Ex (mg)	P (mm Hg)	T (oK)	Vo (lts)	X (mg/m3)
1	1.1717	1.1907	18.0	757	302	202.6	88.8
2	1.2030	1.2225	19.5	753	305	190.5	97.7
3	1.1795	1.1967	17.2	756	302	202.3	85.0
4	1.3353	1.3523	17.0	757	302	202.6	83.9

DATOS :

t = 15 minutos

v = 15 lts./min

aplicando formula (2) obtenemos : vt = 225 lts

aplicando formula (1) obtenemos : Vo

aplicando formula (3) obtenemos : X

$$T = \frac{1,211.0}{n} = 302.75$$

$$X = \frac{355.4}{4} = 88.85$$

# CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION MD1

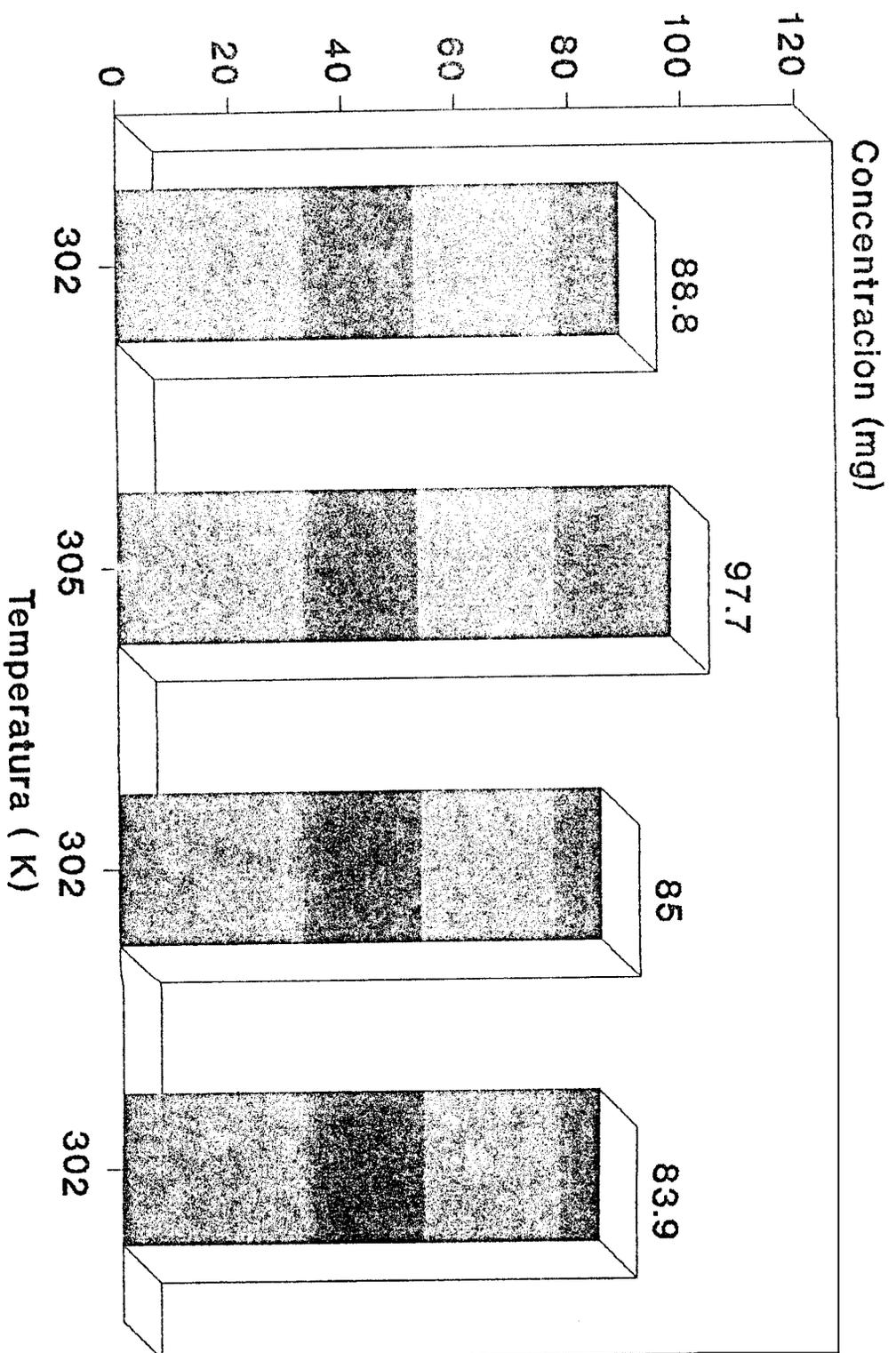


GRAFICO # 6

## TABLA II

CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION MDZ

PRUEBA	g1 (gr)	g2 (gr)	Ex (mg)	P (mm Hg)	T (°C)	Vo (lt)	X (mg/m <sup>3</sup> )
1	1.1466	1.1966	50.0	757	302	202.6	246.7
2	1.2525	1.3020	49.5	757	302	202.6	244.3
3	1.3101	1.3798	69.7	754	304	200.5	347.6
4	1.3324	1.4059	73.5	755	305	200.1	367.3

## DATOS :

t = 15 minutos

v = 15 lts./min

aplicando formula (2) obtenemos : vt = 225 lts

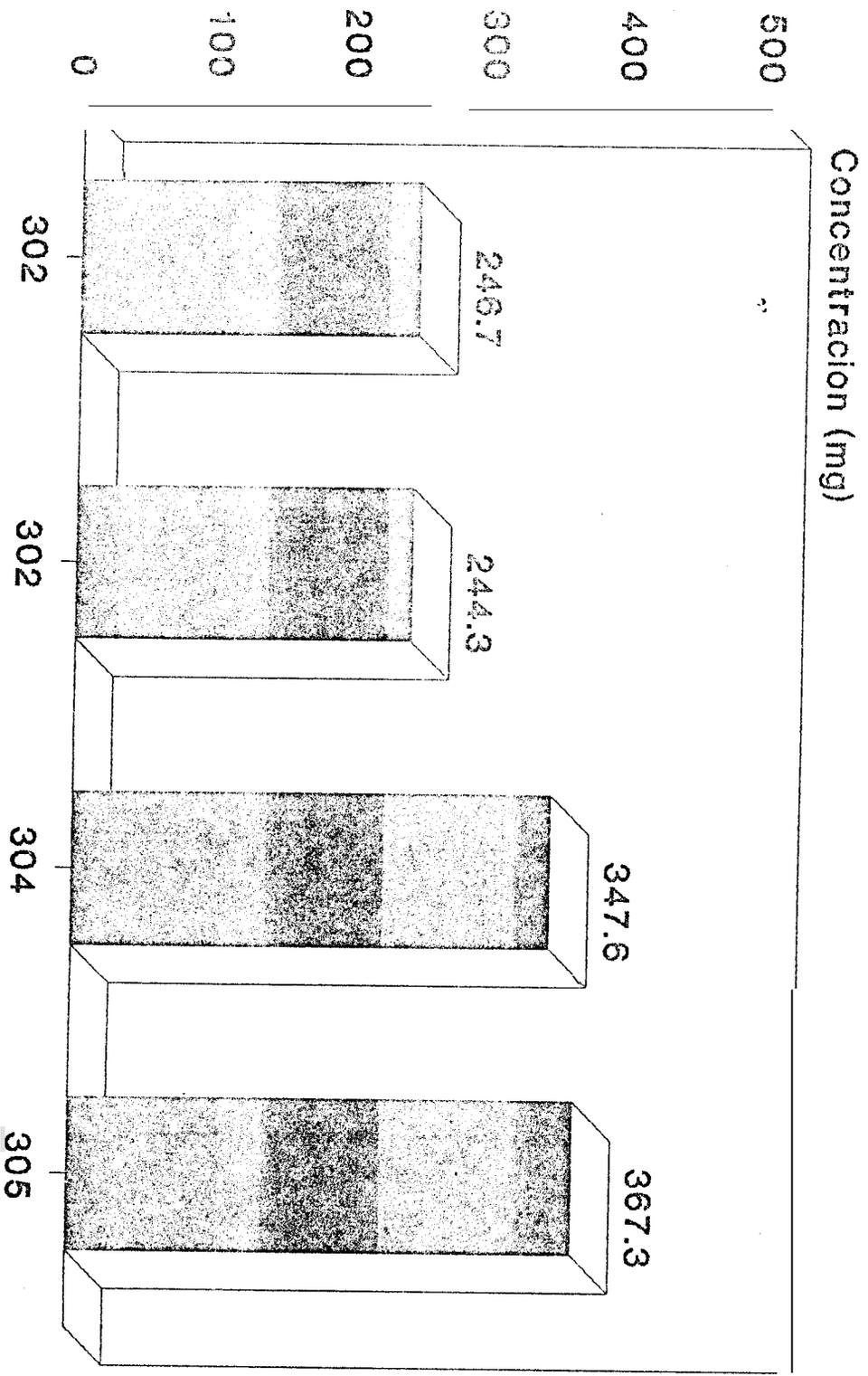
aplicando formula (1) obtenemos : Vo

aplicando formula (3) obtenemos : X

$$T = \frac{1,213.0}{4} = 303.25$$

$$X = \frac{1,205.9}{4} = 301.47$$

# CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION MD2



Temperatura (K)  
GRAFICO # 7

TABLA C II

CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION MD3

PRUEBA	g1 (gr)	g2 (gr)	$\Sigma x$ (mg)	$\rho$ (mm Hg)	T (ok)	Vo (lts)	X (mg/m <sup>3</sup> )
1	1.2238	1.2568	33.0	757	302	202.6	162.8
2	1.2676	1.2908	23.2	757	300	203.9	113.7
3	1.3857	1.4227	37.0	758	305	200.5	184.2
4	1.3266	1.3566	30.0	757	304	201.3	149.1

## DATOS :

t = 15 minutos

v = 15 lts./min

aplicando formula (2) obtenemos :

vt = 225 lts

$$T = \frac{1,211.0}{n} = 302.76$$

aplicando formula (1) obtenemos :

Vo

$$X = \frac{609.8}{n} = 152.45$$

aplicando formula (3) obtenemos :

X

# CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION MD3

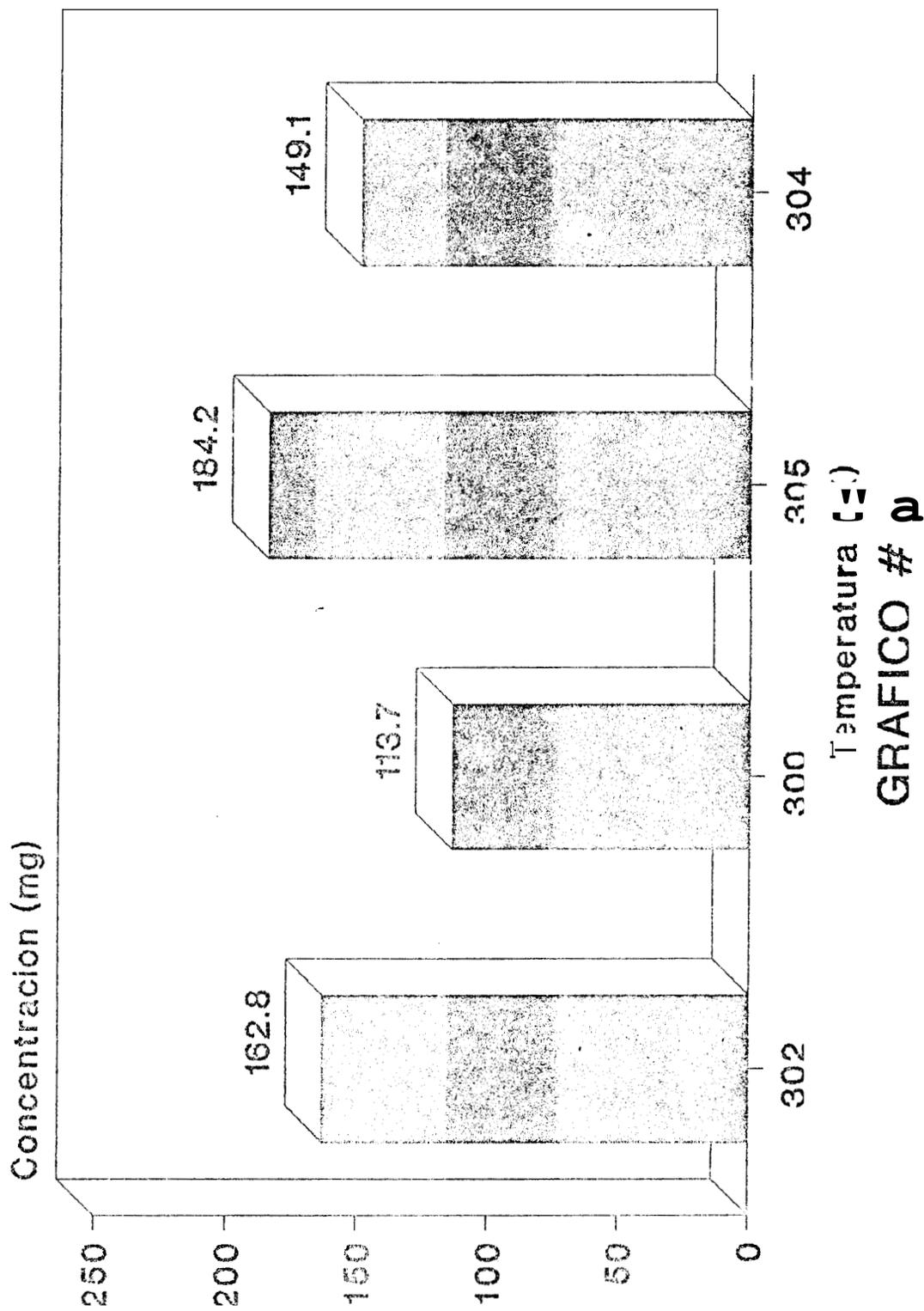


TABLA IV

CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION M4

PRUEBA	g1 (gr)	gZ (gr)	Ex (mg)	P (mm Hg)	T (ok)	Vo (lts)	X (mg/m3)
1	1.2319	1.3299	98	757	302	202.6	483.7
2	1.2025	1.2955	93	757	300	203.9	456.0
3	1.3905	1.4905	100	754	303	201.1	497.2
4	1.3910	1.4930	100	757	304	201.3	496.8

DATOS :

t = 15 minutos

v = 15 lts./min

aplicando formula (2) obtenemos : vt = 225 lts

aplicando formula (1) obtenemos : Vo

aplicando formula (3) obtenemos : X

$$T = 1,209.0$$

$$n = 4$$

$$Te = 302.25$$

$$X = 1,933.7$$

$$n = 4$$

$$Xe = 483.43$$

# CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION MD4

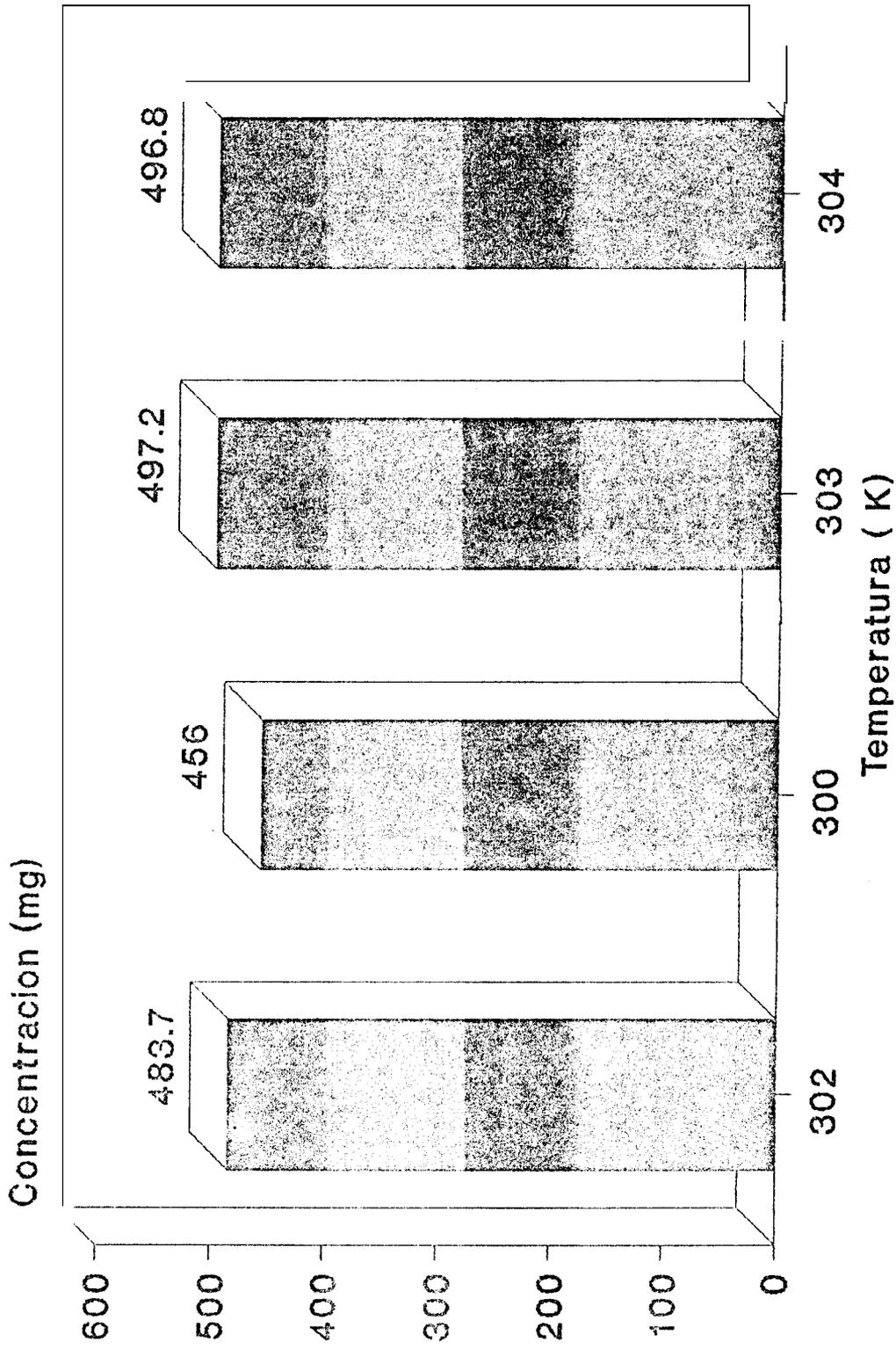


GRAFICO # 9

TABLA V

CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION MP5

PRUEBA	g1 (gr)	g2 (gr)	Σx (mg)	P (mm Hg)	T (ok)	Vo ( l s)	X (mg/m <sup>3</sup> )
1	1.2174	1.3074	90	757	303	201.9	445.7
2	1.2555	1.3405	85	757	300	203.9	416.8
3	1.2990	1.3900	91	754	304	200.5	453.9
4	1.3739	1.4669	93	757	304	200.3	462.0

DATOS :

t = 15 minutos

v = 15 lts./min

aplicando formula (2) obtenemos : vt = 225 lts

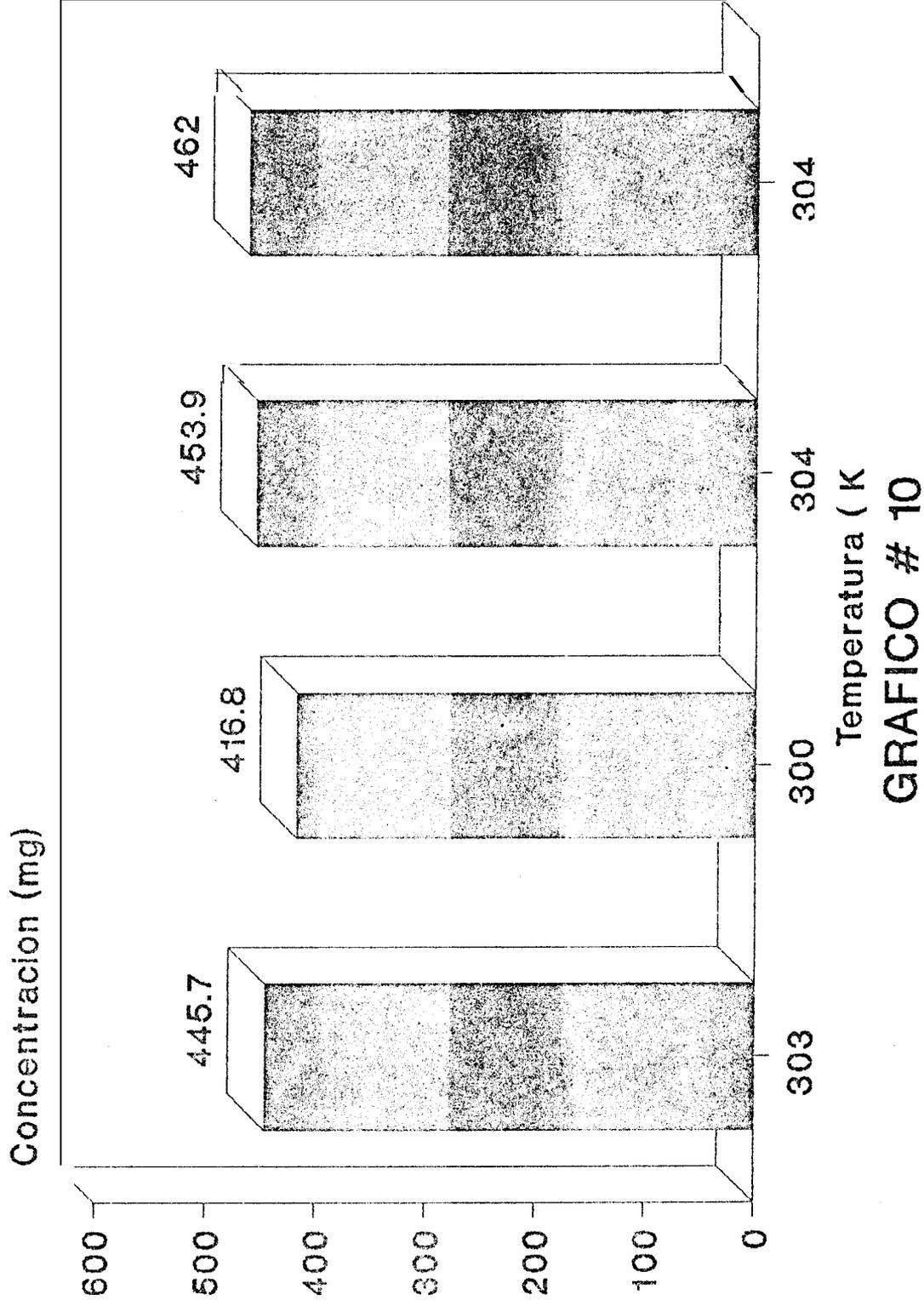
aplicando formula (1) obtenemos : Vo

aplicando formula (3) obtenemos : X

$$T = \frac{1,211.0}{0} = 302.75$$

$$X = \frac{1,778.4}{0} = 444.60$$

# CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION MD5



TEMPERATURA VC

CONCENTRACION DE CO<sub>2</sub> EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION #1

PRUEBA	g1 (gr)	g2 (gr)	Σx (mg)	P (mm Hg)	T (ok)	Vo (lts)	X (mg/m <sup>3</sup> )
1	1.3449	1.5699	225	755	305	200.1	1124.4
2	1.3026	1.5026	200	755	304	200.7	996.1
3	1.3241	1.5321	208	757	302	202.5	1026.7

DATOS :

t = 15 minutos

v = 15 lts./min

aplicando formula (2) obtenemos : vt = 225 lts

aplicando formula (1) obtenemos : Vo

aplicando formula (3) obtenemos : X

$$T = \frac{911.0}{3} = 303.67$$

$$X = \frac{3,147.2}{3} = 1,049.07$$

# CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C1

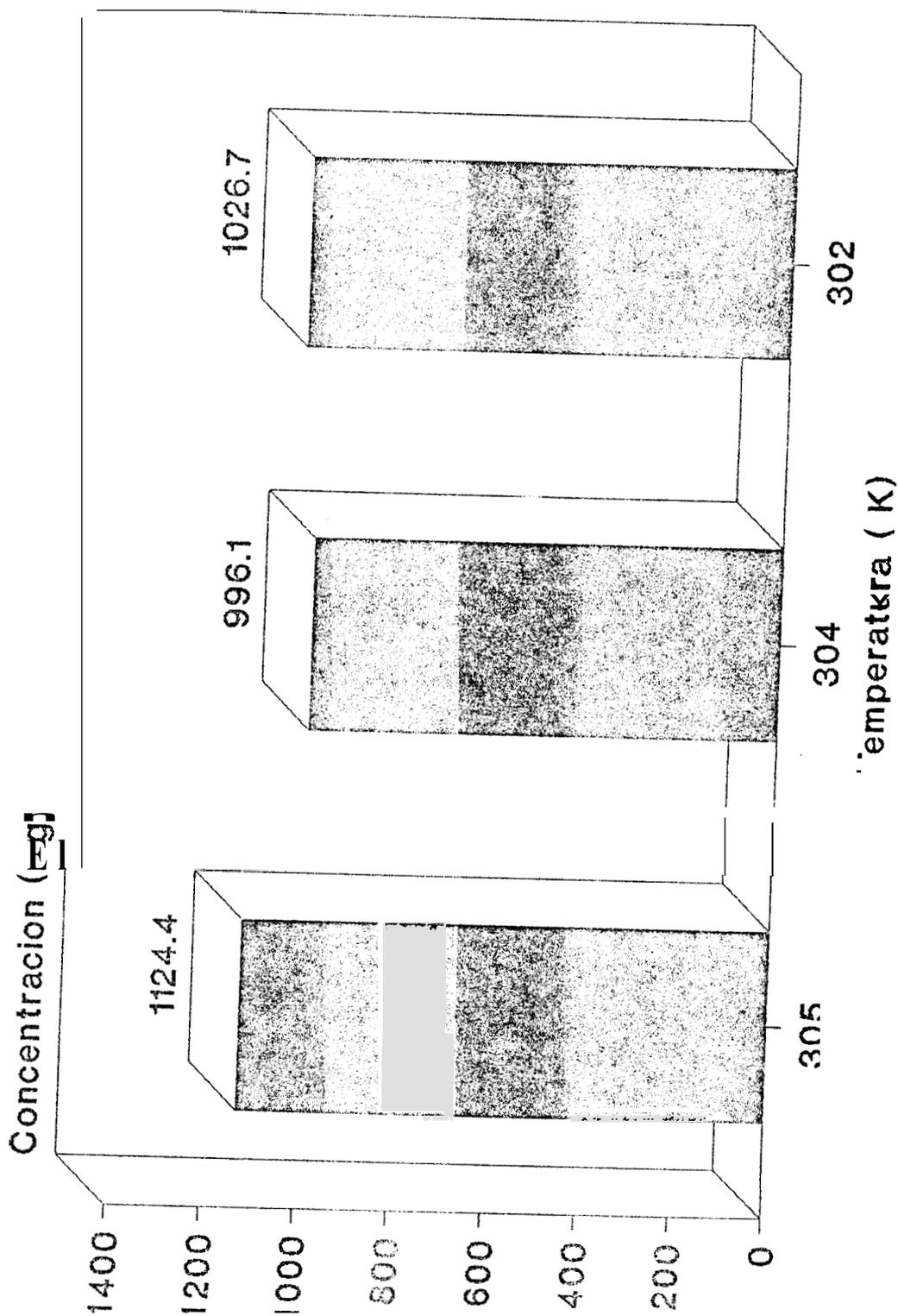


GRAFICO # 11

## TABLA VII

CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C2

PRUEBA	g1 (gr)	g2 (gr)	Ex (mg)	P (mm Hg)	T (ok)	Vo (lts)	X (mg/m <sup>3</sup> )
1	1.2163	1.3183	102	757	302	202.6	503.5
2	1.2542	1.3542	100	755	304	202.7	498.2
3	1.2856	1.3936	108	756	304	201.0	537.3

## DATOS :

t = 15 minutos

v = 15 lts./min

aplicando formula (2) obtenemos : vt = 225 lts

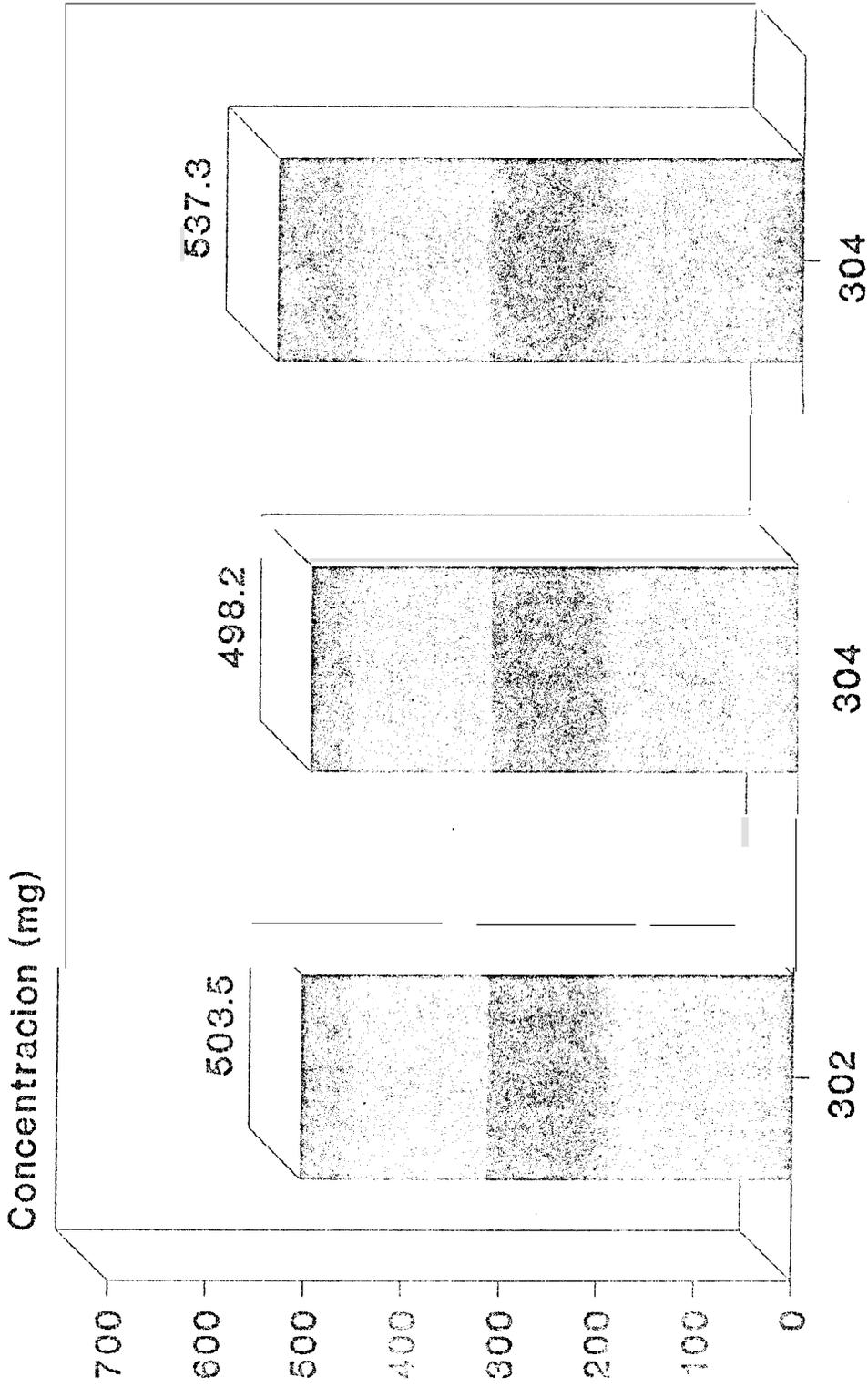
$$T = \frac{910.0}{3} = 303.33$$

aplicando formula (1) obtenemos : Vo

$$X = \frac{1,539.0}{3} = 513.00$$

aplicando formula (3) obtenemos : X

# CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C2



Temperatura ( K)

GRAFICO # 12

TABLA VIII

CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C3

PRUEBA	g1 (gr)	g2 (gr)	Ex (mg)	P (mm Hg)	T (OK)	Vo (lts)	X (mg/m <sup>3</sup> )
1	1.3476	1.4526	105	756	305	200.3	524.1
2	1.2861	1.2961	100	757	301	203.3	491.9
3	1.3032	1.4112	108	753	304	200.1	539.5

DATOS :

t = 15 minutos

v = 15 lts./min

aplicando formula (2) obtenemos : vt = 225 lts

aplicando formula (1) obtenemos : Vo

aplicando formula (3) obtenemos : X

$$T_e = \frac{T}{n} = \frac{910.0}{3} = 303.33$$

$$X_e = \frac{X}{n} = \frac{1,555.5}{3} = 518.50$$

Temperatura (K)

GRAFICO # 13

TABLA IX

CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ECTACION 'C4

PRUEBA	g1 (gr)	g2 (gr)	Ex (mg)	P (mm Hg)	T (oK)	Vo (lts)	X (mg/m3)
1	1.3580	1.5830	225	755	304	200.7	1120.9
2	1.2760	1.4910	215	756	305	200.3	1073.3
3	1.3417	1.5597	218	754	303	201.1	1083.9

DATOS :

t = 15 minutos

v = 15 lts./min

aplicando formula (2) obtenemos : vt = 225 lts

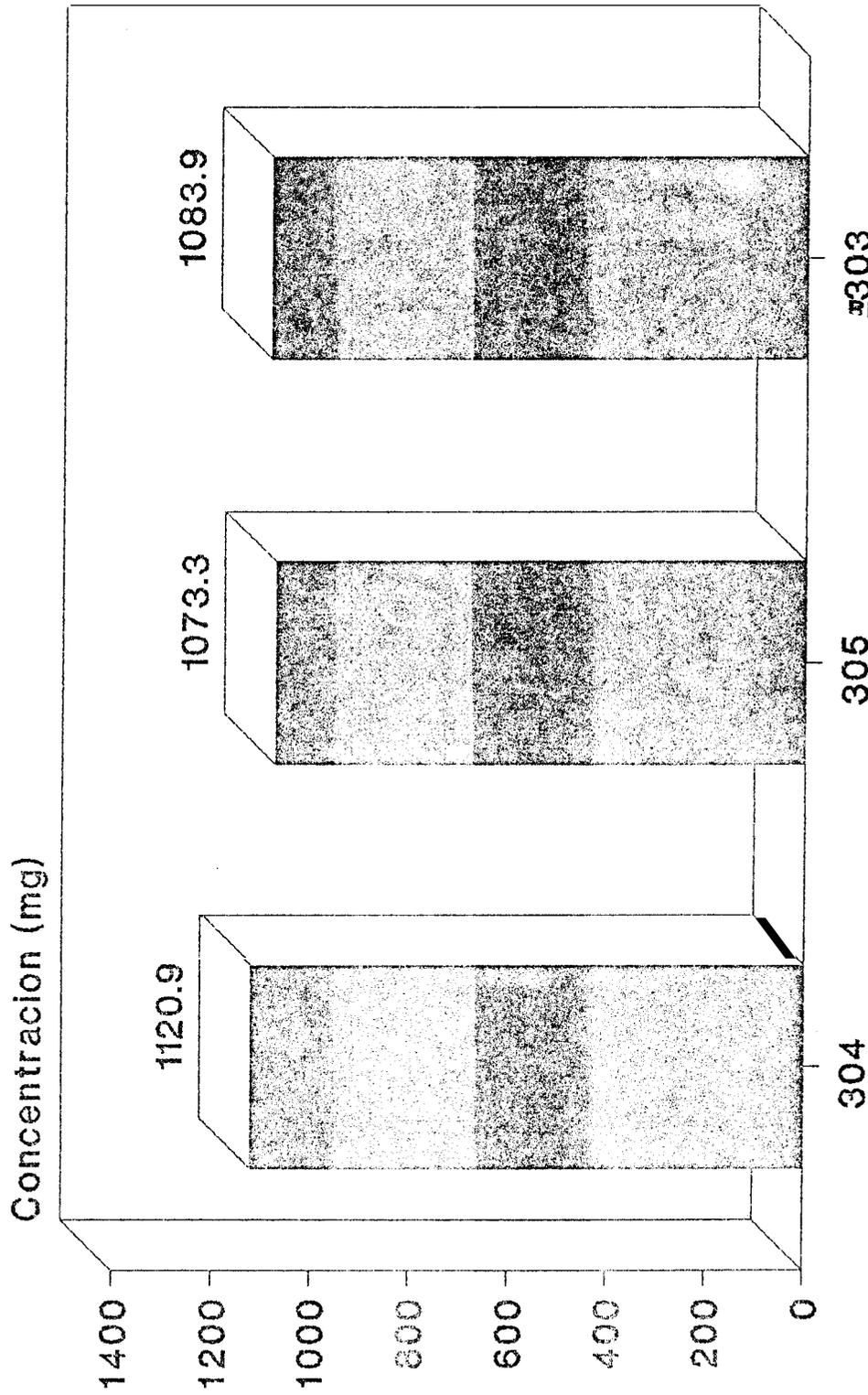
aplicando formula (1) obtenemos : VO

aplicando formula (3) obtenemos : X

$$T_e = \frac{T}{n} = \frac{609.0}{3} = 203.00$$

$$\bar{X}_e = \frac{X}{n} = \frac{2,194.2}{3} = 731.40$$

# CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C4



Temperatura ( K )

GRAFICO # 14

303

305

304



1010

TABLA X

CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C5

PRUEBA	g1 (gr)	g2 (gr)	Ex (mg)	P (mm Hg)	T (°K)	Vo (lts)	X (mg/m <sup>3</sup> )
1	1.3188	1.4158	97	755	305	200.1	484.7
2	1.2451	1.3351	90	757	300	203.0	441.3
3	1.2720	1.3630	91	756	305	200.3	454.2

DATOS :

t = 15 minutos

v = 15 lts./min

aplicando formula (2) obtenemos : vt = 225 lts

aplicando formula (1) o tenemos : Vo

aplicando formula (3) obtenemos : X

$$T_p = \frac{T}{n} = \frac{910.0}{3} = 303.33$$

$$X_{p2} = \frac{X}{n} = \frac{1,380.2}{3} = 460.07$$

# CONCENTRACION DE PQLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C5

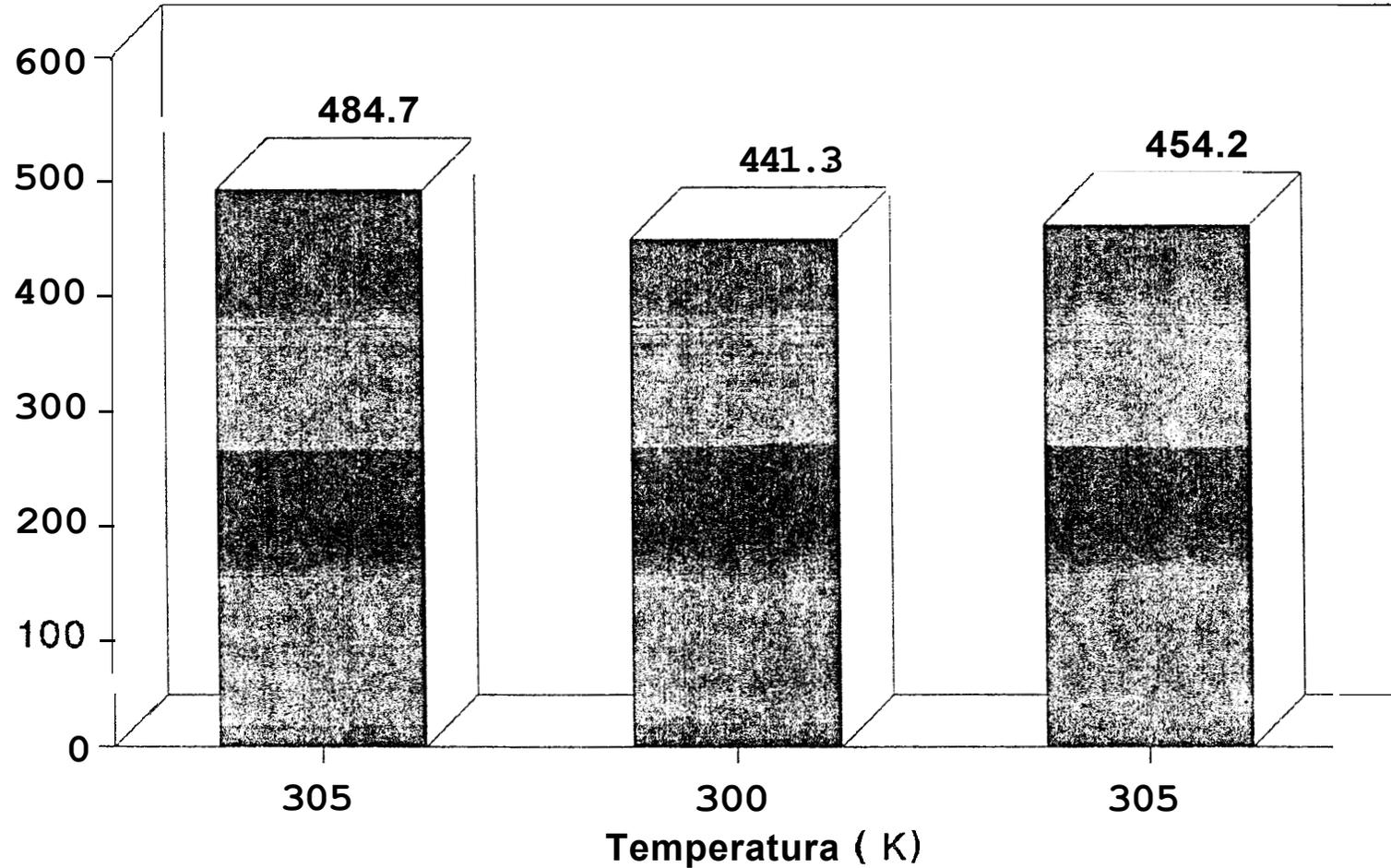


GRAFICO # 15

TABLA XI

CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C6

PRUEBA	g1 (gr)	g2 (gr)	Ex (mg)	P (mm Hg)	T (oK)	Vo (lts)	X (mg/m3)
1	1.3850	1.4590	74	755	305	200.3	369.4
2	1.3241	1.3931	69	756	304	201.0	343.3
3	1.2732	1.3432	70	755	303	201.3	347.6

DATOS :

t = 15 minutos

v = 15 lts./min

aplicando formula (2) obtenemos : vt = 225 lts

aplicando formula (1) obtenemos : VO

aplicando formula (3) obtenemos : X

$$T_e = \frac{T}{n} = \frac{912.0}{3} = 304.00$$

$$X_e = \frac{X}{n} = \frac{1,060.3}{3} = 353.43$$

# CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C6

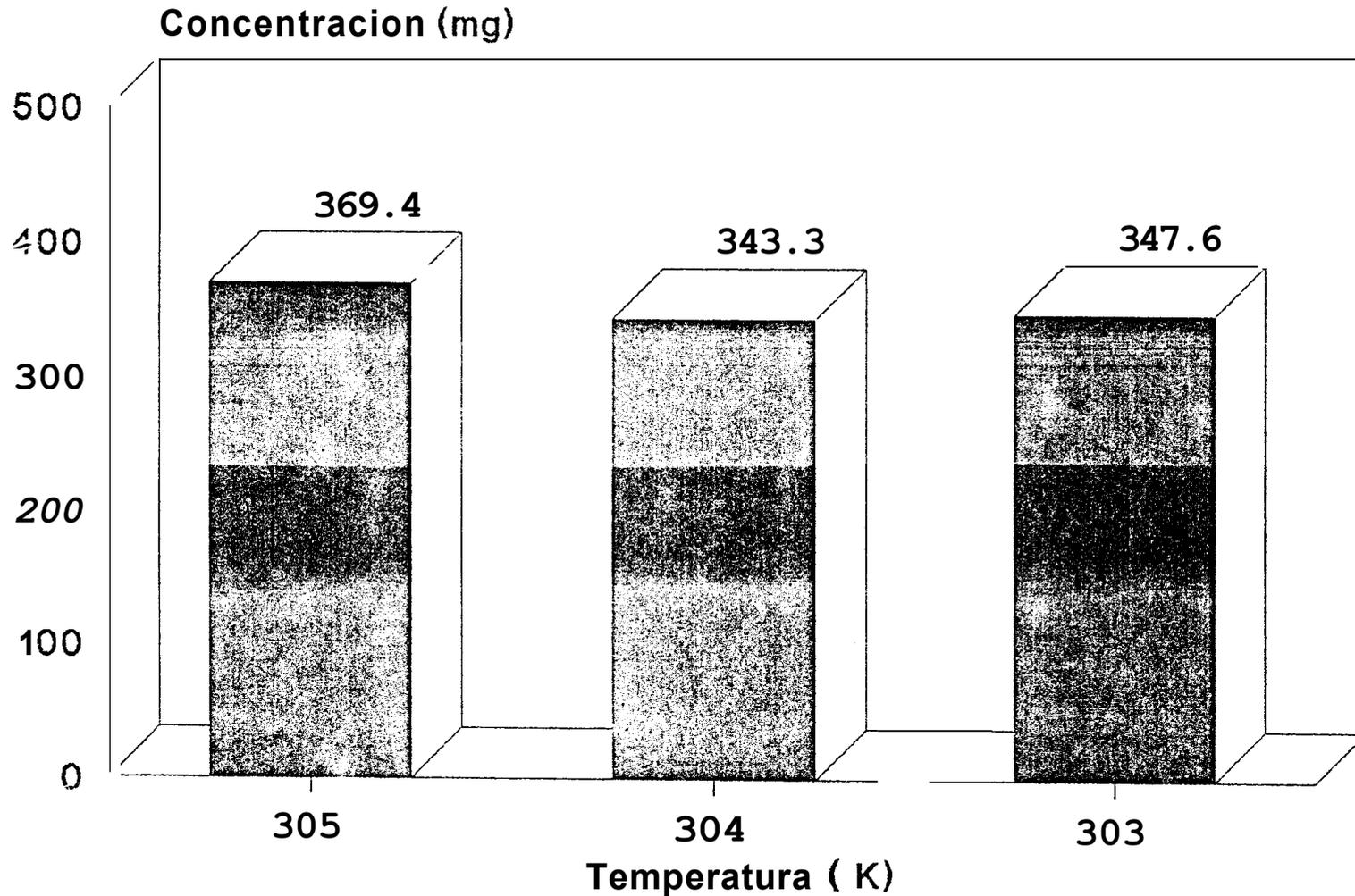


GRAFICO # 16

TABLE XII

CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C7

PRUEBA	g1 (gr)	g2 (gr)	Ex (mg)	P (mm Hg)	T (oK)	Vo (lts)	X (mg/m3)
1	1.3940	1.4560	62	755	305	200.1	309.8
2	1.4041	1.4621	58	757	300	203.9	284.4
3	1.3736	1.4326	59	757	301	203.3	290.0

DATOS :

t = 15 minutos

v = 15 lts./min

aplicando formula (2) obtenemos : vt = 225 lts.

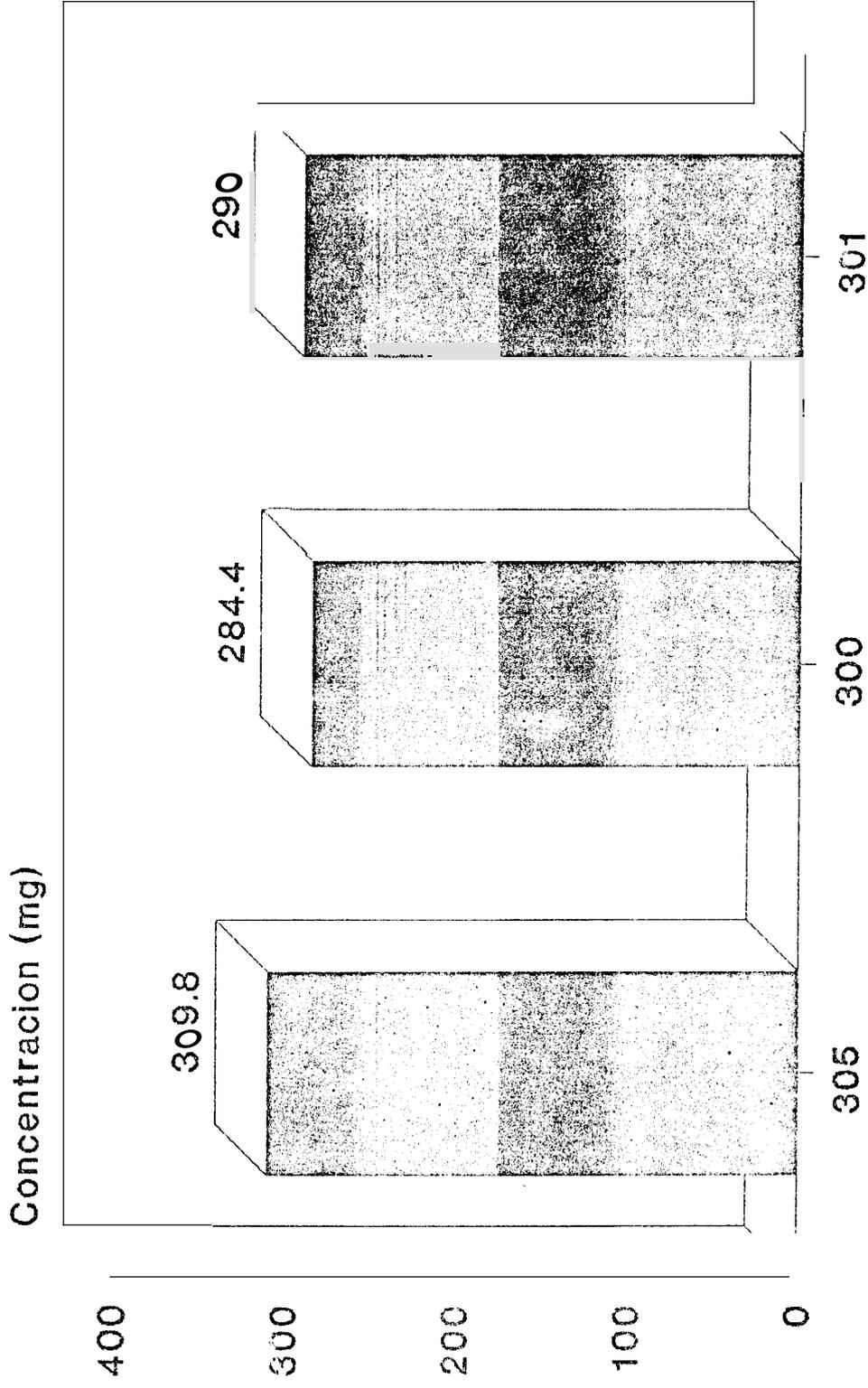
aplicando formula (1) obtenemos : Vo

aplicando formula (3) obtenemos : X

$$T_p = \frac{T}{n} = \frac{906.0}{3} = 302.00$$

$$X_p = \frac{X}{n} = \frac{384.2}{3} = 128.07$$

# CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C7



Temperatura ( K)  
GRAFICO # 17

TABLA XIII  
 CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C8

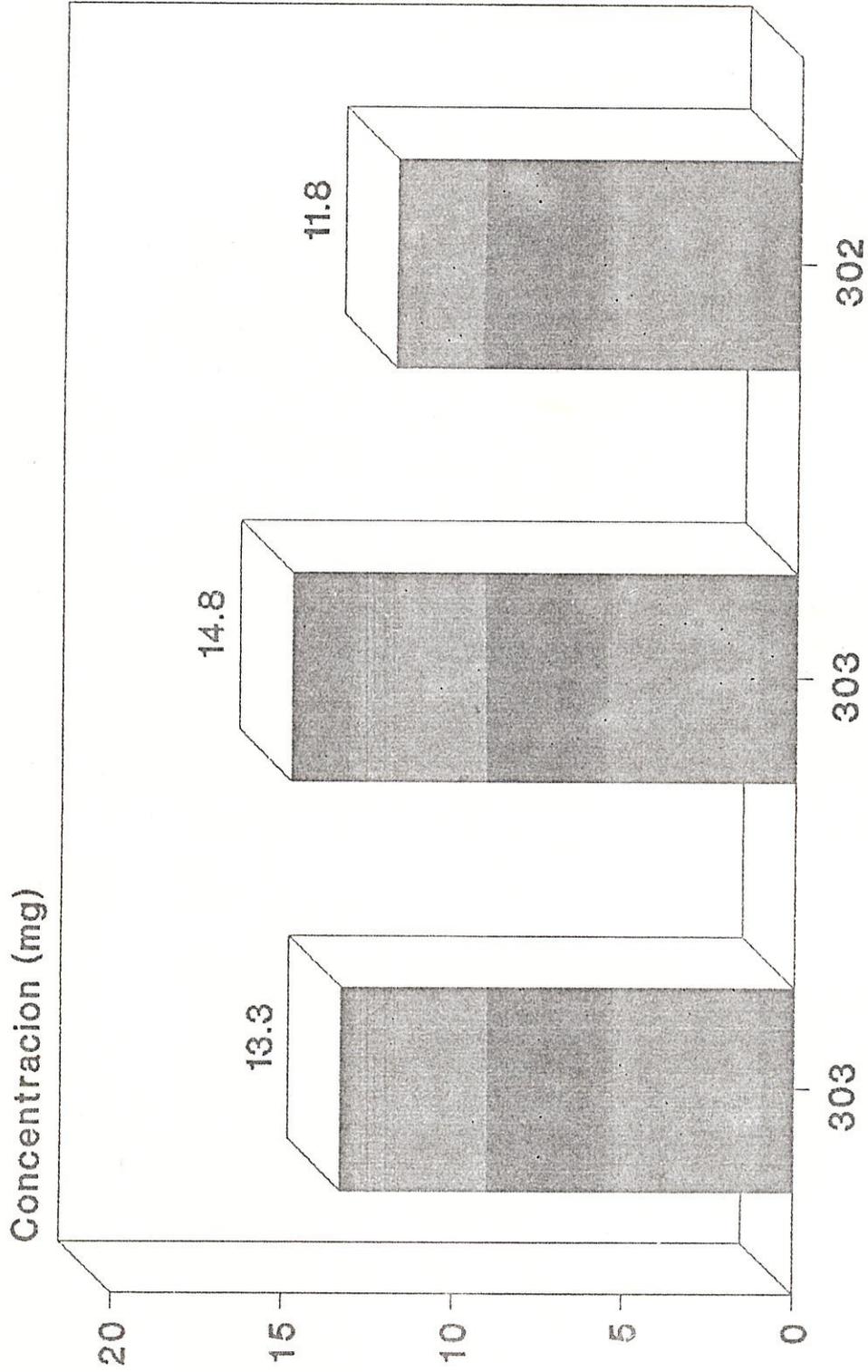
PRUEBA	g1 (gr)	g2 (gr)	Ex (mg)	P (mm Hg)	T (oK)	Vo (lts)	X (mg/m3)
1	1.2023	1.2050	2.7	756	303	202.3	13.3
2	1.2533	1.2563	3.0	757	303	201.9	14.8
3	1.3541	1.3565	2.4	755	302	202.1	11.8

DATOS :

t = 15 minutos  
 v = 15 lts./min  
 aplicando formula (2) obtenemos : vt = 225 lts  
 aplicando formula (1) obtenemos : Vo  
 aplicando formula (3) obtenemos : X

T = 908.0  
 n = 3  
 Te = 302.67  
 X = 39.9  
 n = 3  
 Xe = 13.30

# CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C8



Temperatura ( K)  
GRAFICO # 18

TABLA XIV  
 CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C9

PRUEBA	g1 (gr)	g2 (gr)	Ex (mg)	P (mm Hg)	T (ok)	Vo (lts)	X (mg/m3)
1	1.2134	1.2196	6.2	757	302	202.6	30.6
2	1.2645	1.2710	6.5	756	305	200.3	32.4
3	1.3025	1.3092	6.7	755	304	200.7	33.3

DATOS :

t = 15 minutos

v = 15 lts./min

aplicando formula (2) obtenemos : vt = 225 lts

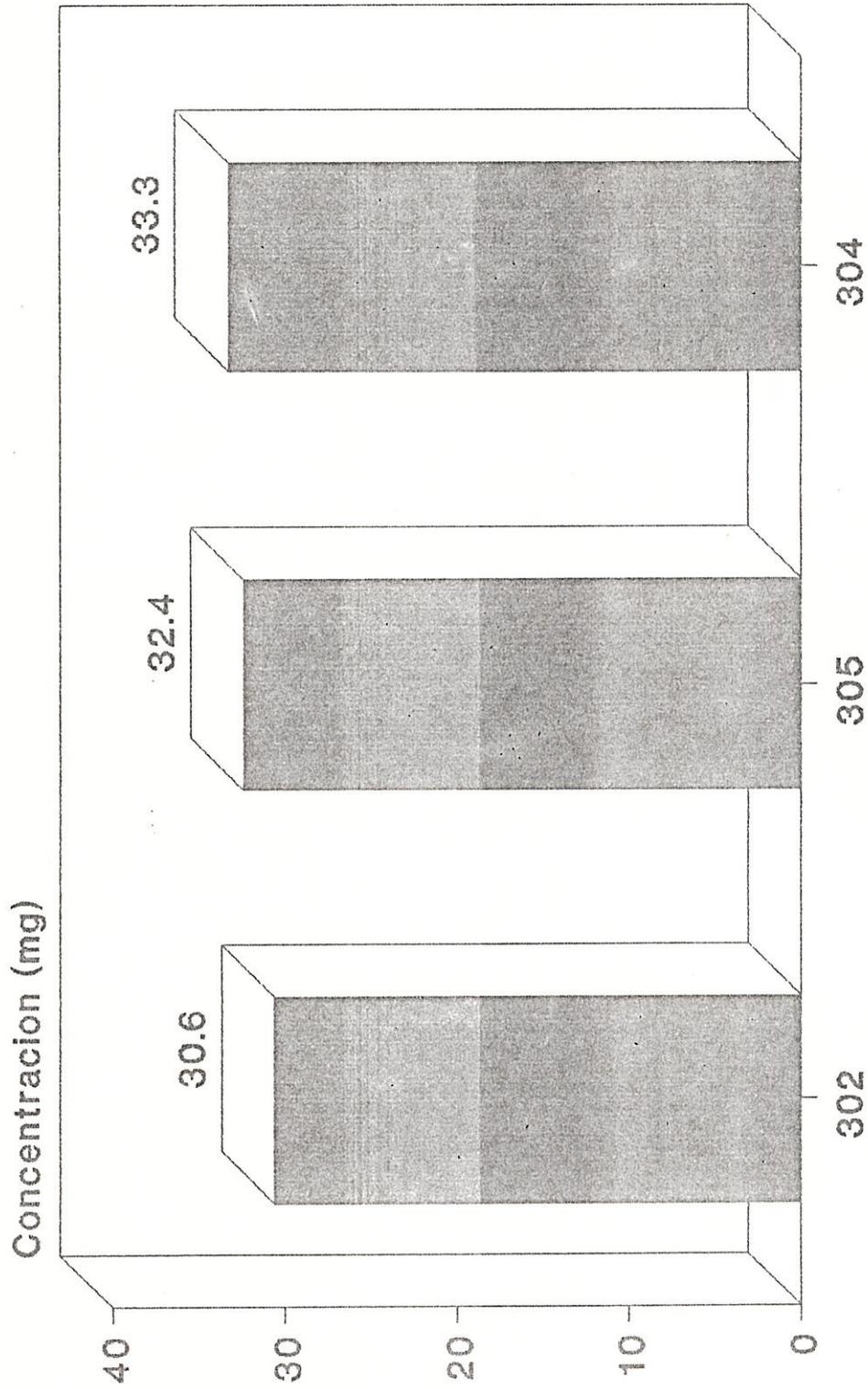
aplicando formula (1) obtenemos : Vo

aplicando formula (3) obtenemos : X

$$T = \frac{911.0}{n} = 303.67$$

$$Xe = \frac{96.3}{n} = 32.10$$

# CONCENTRACION DE POLVO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN LA ESTACION C9



Temperatura ( K)  
GRAFICO # 19

5.2.4.1. Proyección de la concentración del polvo.-

Con la finalidad de determinar el comportamiento de las emisiones de polvo, ocasionadas por las operaciones en esta mina, en cada uno de los meses a lo largo de un año, se estudió la concentración en función de la temperatura, parámetro que a lo largo de la experimentación, se comportó de manera directamente proporcional con respecto a la concentración.

Las temperaturas (T') de cada mes fueron obtenidas sacando un promedio de las registradas durante los últimos 5 años.

<b>PERIODO</b>		
<b>MESES</b>	<b>AÑOS</b>	<b>TEMPERATURA</b> <b>(° K)</b>
ENERO	87 - 92	299.70
FEBRERO	a7 - 92	299.80

PERIODO		
MESES	AÑOS	TEMPERATURA (°K)
MARZO	07 - 92	300.50
ABRIL	a7 - 92	300.40
MAYO	1992	302.75
JUNIO	a7 - 91	298.00
JULIO	87 - 91	297.60
AGOSTO	a7 - 91	296.70
SEPTIEMBRE	07 - 91	297.10
OCTUBRE	87 - 91	297.60
NOVIEMBRE	87 - 91	298.30
DICIEMBRE	07 - 91	299.30

A continuación se detallan los promedios de temperatura (Te) y concentración de polvo (Xe) de cada una de las 5 estaciones, ubicadas en el perímetro de la

zona de estudio:

ESTACIONES	TEMPERATURA ( °K )	CONCENTRACION (mg/mts3)
MD1	302.75	88.85
MD2	303.25	301.50
MD3	302.75	152.40
MD4	302.25	483.40
MD5	302.75	444.60
	-----	-----
TOTAL	1.513.75	1.470.75

Temperatura promedio (Tt) = 302.75 °K

Concentración promedio (Xt) = 294.15 mg/mts3

Para determinar la proyección de la concentración de polvo en cada uno de los meses, a lo largo de un año de operaciones normales en la mina, se utilizó la siguiente fórmula:

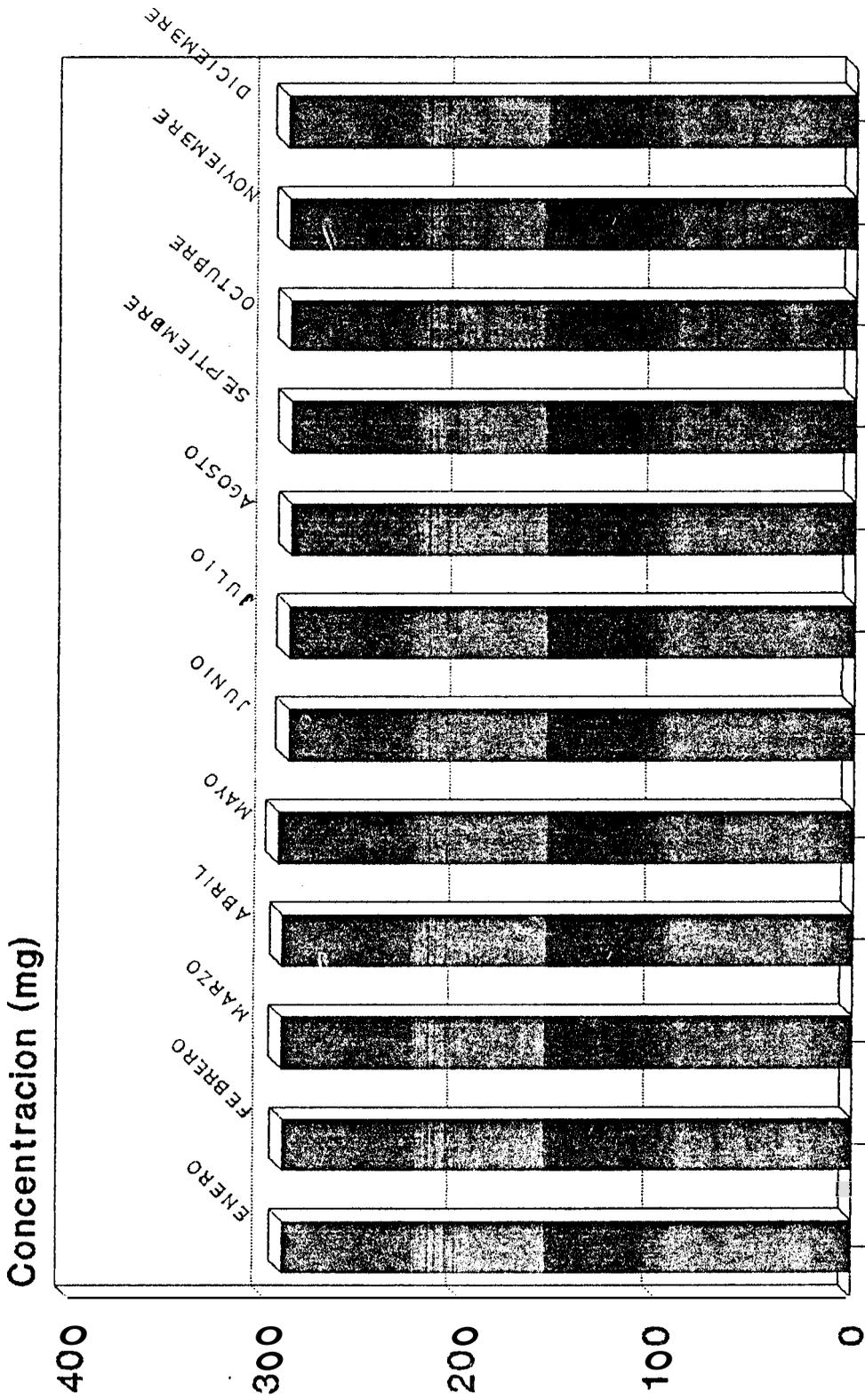
$$\text{Concentración} = \frac{X_t \times T'(\text{de cada mes})}{T_t} \quad (6)$$

Resultados:

MESES	CONCENTRACION (mg/mts <sup>3</sup> )
ENERO	291.18
FEBRERO	291.28
MARZO	291.96
ABRIL	291.86
MAYO	294.15
JUN10	289.53
JULIO	289.14
AGOSTO	288.27
SEPTIEMBRE	288.66

<b>MESES</b>	<b>CONCENTRACION</b> <b>(mg/mts3)</b>
OCTUBRE	289.14
NOVIEMBRE	289.82
DIC IEMBRE	290.79

# PROYECCION DE LA CONCENTRACION DE POLVO



299.7 299.8 300.5 300.4 302.8 298.0 297.6 296.7 297.1 297.6 298.3 299.3

Temperatura ( K)

GRAFICO # 20

### 5.3. TIPOS DE POLVO.-

En la zona objeto de estudio, se detectaron tres tipos de polvo:

- Polvo 1: El polvo emitido por las operaciones que se realizan en la cantera, las mismas que van desde la extracción del mineral hasta su trituración;
- Polvo 2: El polvo emitido por el manejo y almacenamiento del crudo hasta su precalentamiento; y ,
- Polvo 3: El polvo emitido por la manipulación del producto final, desde la salida del horno hasta el embase.

### 5.4. ANALISIS QUIMICO DE LOS TIPOS DE POLVO.-

Para el análisis químico de los polvos, se utilizó el método de espectrometría de rayos X, cuyos resultados fueron:

.

$$10 \times 8 / 100g = \frac{10}{kg}$$

	POLVO 1	POLVO 2	POLVO 3
	(%)	(%)	(%)
SiO <sub>2</sub>	10.44	13.92	21.82
Al 203	0.79	3.81	6.00
Fe 203	0.44	2.10	3.31
CaO	47.51	42.12	65.74
MgO	-----	0.81	1.10
SO <sub>3</sub>	0.37	0.22	0.54
K <sub>2</sub> O	0.07	0.12	0.17
Na <sub>2</sub> O	0.08	0.09	0.18
Cl	-----	0.03	0.002

### 5.5. ANALISIS HIDROMETRICO DE LOS TIPOS DE POLVO.-

El método mas usado para hacer la determinación indirecta de los métodos de los porcentajes de partículas que pasan la malla # 200, es el hidrómetro, basado en la sedimentación de un material en suspensión en un líquido. El hidrómetro sirve para determinar la variación de la densidad de la suspensión con el transcurso del tiempo y medir la altura de caída del grano de tamaño mas grande, correspondiente a la densidad media.

Si se distribuye un gran número de granos de suelo en un líquido y se sumerge un hidrómetro, el empuje

hidrostático ejercido en el bulbo, es igual al peso de la suspensión desalojada por el bulbo.

De la lectura del hidrómetro puede determinarse directamente el porcentaje de granos de polvo por peso, con relación a la concentración original, calibrando la escala del hidrómetro en gramos por litro.

El tamaño de los granos obtenidos con el hidrómetro es el equivalente de una esfera cuya velocidad de caída sea igual a la del grano del polvo. El diámetro equivalente de los granos para una lectura dada, se obtiene por medio de la Ley de Stokes, considerando como altura de caída la distancia entre la superficie del líquido y el centro de flotación del bulbo.

El centro de flotación es variable y no se comete un error grave si en lugar de la distancia al centro de flotación, se usa la distancia al centro del volumen del bulbo.

Se utilizan las siguientes fórmulas:

$$D = \frac{18 X u}{ds-da} \cdot \frac{Zr}{t} \quad (7)$$

$$N = \frac{(2,65-1) \times G_s \times R}{(G_s - 1) \times 2.65 \times W_s} \times 100 \quad (8)$$

Donde :

- N** = Porcentaje de material de diámetro menor que el considerado.
- G<sub>s</sub>** = Peso específico del polvo.
- d<sub>a</sub>** = Densidad del agua
- d<sub>s</sub>** = Densidad del polvo.
- w<sub>s</sub>** = Peso del polvo secado al horno
- D** = Diámetro efectivo
- υ** = Viscosidad del agua
- T** = Temperatura del agua
- Z<sub>r</sub>** = Distancia entre la superficie de suspensión y el centro de inmersión del hidrómetro.
- R** = Lectura del hidrómetro.

TABLA XV

ENSAYO DE HIDROMETRO  
POLVO # 1

t (min)	R	Zr (cm)	Zr/t ( cm/Sec)	N (%)	D (mm)
2	42.50	10.40	2.280	84.9	0.125
5	39.00	10.95	1.479	77.9	0.081
10	37.00	11.30	1.063	73.9	0.058
17	34.50	11.80	8.330	68.9	0.045
30	33.00	12.10	0.635	65.9	0.034
60	30.50	12.60	0.458	60.9	0.025
120	28.00	12.90	0.327	55.9	0.017
3990	16.00	15.50	0.062	31.9	0.003

DATOS :

Ws = 50 gr  
 Gs = 2.655  
 ds = 1.047 gr/cm<sup>3</sup>  
 da = 0.9963 gr/cm<sup>3</sup>  
 T = 28°C  
 u = 8.52 x 10 gr.sec/cm<sup>2</sup>



TABLA XVI  
 ENSAYO DE HIDROMETRO  
 POLVO # 2

t (min)	R	Zr (cm)	Zr/t (cm/Sec)	N (%)	D (mm)
0.083	59.50	7.00	9.165	100.0	0.415
0.167	59.00	7.10	6.528	99.1	0.295
0.333	58.00	7.30	4.682	97.5	0.212
0.667	53.00	8.30	3.530	89.1	0.159
1.000	47.50	9.30	3.049	79.8	0.138
1.500	41.00	10.55	2.652	68.9	0.120
2.000	35.00	11.70	2.418	58.8	0.109
3.000	21.50	14.40	2.190	36.1	0.099
8.000	16.50	15.30	1.382	32.8	0.062
12.000	15.00	15.80	1.148	25.2	0.052
18.000	13.50	16.00	0.942	22.7	0.042
60.000	13.00	16.15	0.518	21.8	0.023
90.000	12.00	16.35	0.426	20.1	0.019

DA>OS :

Ws = 50 gr  
 Gs = 2.67  
 ds = 1.071 gr/cm<sup>3</sup>  
 da = 0.9963 gr/cm<sup>3</sup>  
 T = 28°C  
 u = 8.52 x 10 gr.seco/m<sup>2</sup>



ТАБЛА XωII

ENSAYO DE HIDROMETRO  
POLVO # 3

t (min)	R	Zr (cm)	Zr/t ( cm/Sec )	N (%)	D (mm)
2	53.0	8.20	2.037	100.0	0.215
5	48.0	9.20	1.356	90.5	0.143
10	43.0	10.20	1.009	81.1	0.101
15	43.0	10.20	0.824	81.1	0.087
30	39.5	10.85	0.601	74.5	0.063
60	36.0	11.70	0.441	67.9	0.046
3945	17.5	15.10	0.061	33.0	0.006

DATOS :

Ws = 50 gr  
 Gs = 2.65  
 ds = 1.01 gr/cm3  
 da = 0.9963 gr/cm3  
 T = 28oC  
 ω = 8 52 x 10  $\leq$ r.sec/cm2



## 5.6. EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL, -

Para la evaluación del Impacto Ambiental se utilizó una matriz en la cual constan **los** focos emisores de polvo y **los** factores ambientales que puedan quedar afectados.

Para la evaluación individual se trazó una diagonal en la intersección de **los** focos emisores y **los** factores ambientales. En la valoración del Impacto se utilizó un índice que varía desde 10 como máxima alteración posible sobre el factor ambiental **y** 1 como mínima; éste índice se colocó en la parte superior izquierda de la cuadrícula y puede **ser +** ó **-** según sea o no favorable para el medio ambiente. Valoración que se basa únicamente en la **cantidad** de polvo que pueda emitir cada foco y su ubicación **para** que pueda afectar al medio ambiente.

En la parte inferior derecha de la cuadrícula va colocada la importancia del factor ambiental, teniendo como valor máximo 10.

A continuación podemos observar la matriz valorada:

FACTORES AMBIENTALES

FOCOS EMISORES DE POLVO

	CALIDAD DE LA AMOSFERA	VEGETACION	FAUNA	EMLEO	PAISAJE	PARQUES Y RESERVAS	SAUD Y SEGURIDAD	EQUIPO	EVALUACIONES
PERFORACION	-1 / 1	-1 / 1	-1 / 1	+6 / 7			-5 / 9	-5 / 9	-7 / 28
VIAJERAS	-7 / 7	-6 / 6	-6 / 6	+8 / 8	-5 / 2	-1 / 1	-10 / 9		-27 / 39
EXCAVACION Y CARGA	-4 / 4	-3 / 3	-3 / 3	+8 / 8	-1 / 1		-4 / 9	-8 / 9	-15 / 37
VIAS	-6 / 9	-6 / 9	-6 / 9	+9 / 9	-6 / 9	-3 / 5	-6 / 10	-9 / 9	-33 / 69
ALMACENAMIENTO DE MINERALES	-3 / 4	-2 / 3	-2 / 3	+7 / 7	-1 / 1		-4 / 8	-5 / 8	-10 / 34
UNIOS DE TRANSFERENCIA Y MANIPULACION DE MINERALES	-7 / 9	-7 / 9	-7 / 9	+9 / 10	-7 / 9	-5 / 8	-8 / 9	-7 / 9	-39 / 72
EVALUACIONES	-28 / 34	-25 / 31	-25 / 31	-47 / 49	-20 / 22	-9 / 14	-37 / 54	-34 / 44	

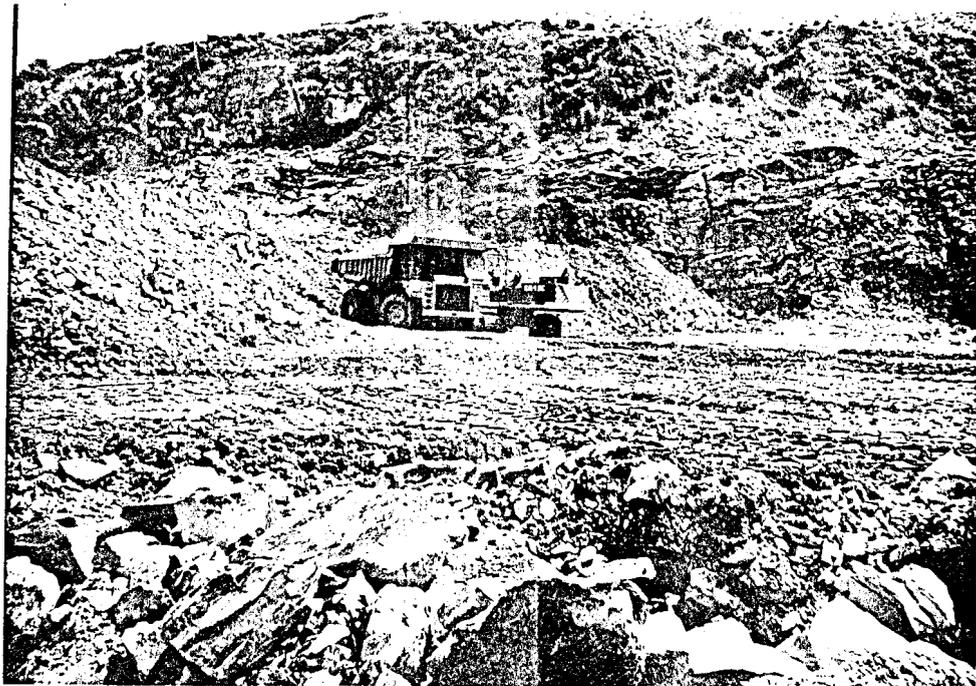


Foto #17: OPERACION DE CARGA

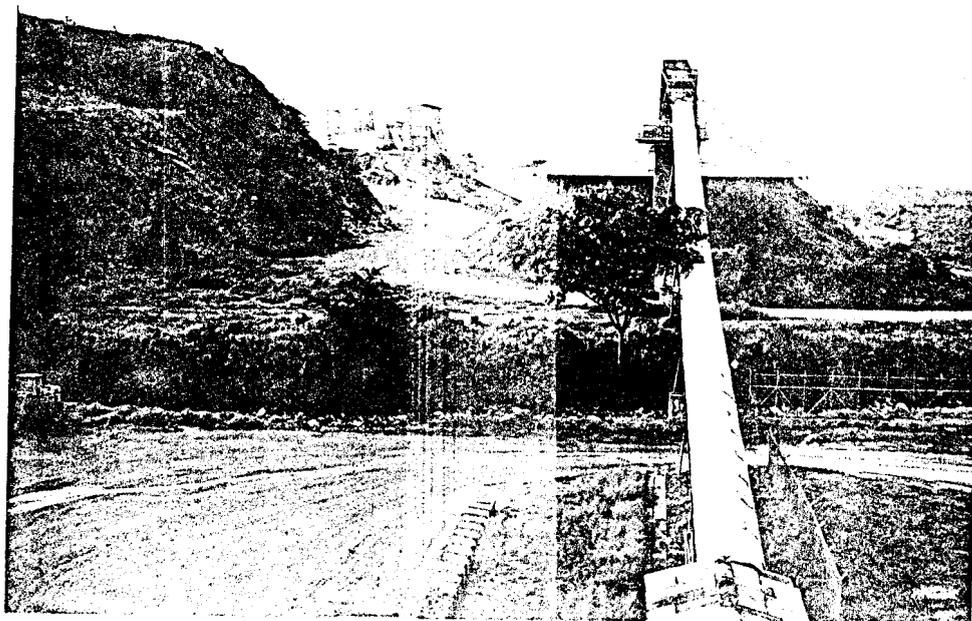


Foto #18: CUBIERTA PROTECTORA DE LAS BANDAS Y CIRCO DE ALMACENAMIENTO DEL MATERIAL TRITURADO Y VIAS NO PAVIMENTADAS

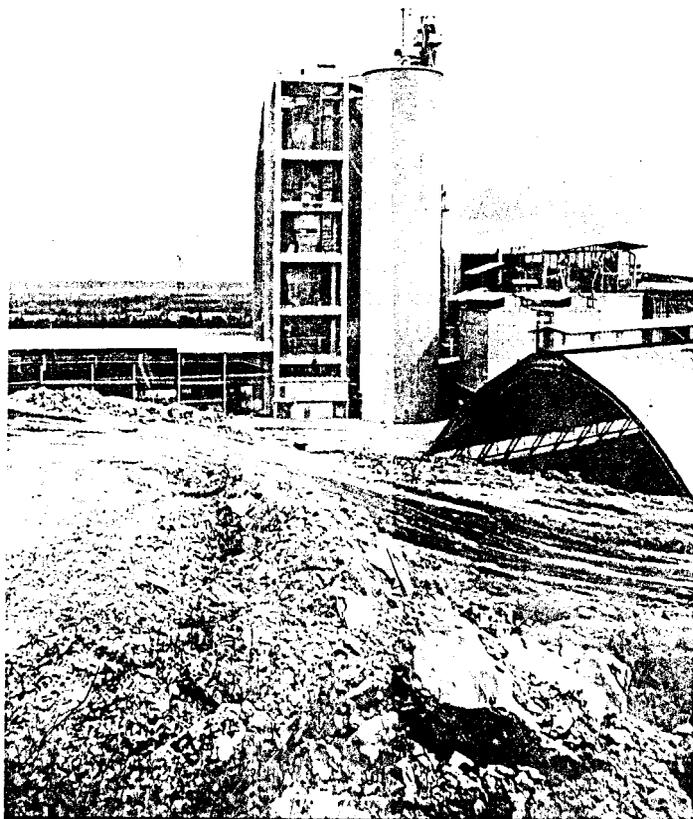


Foto #19: SILO DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO

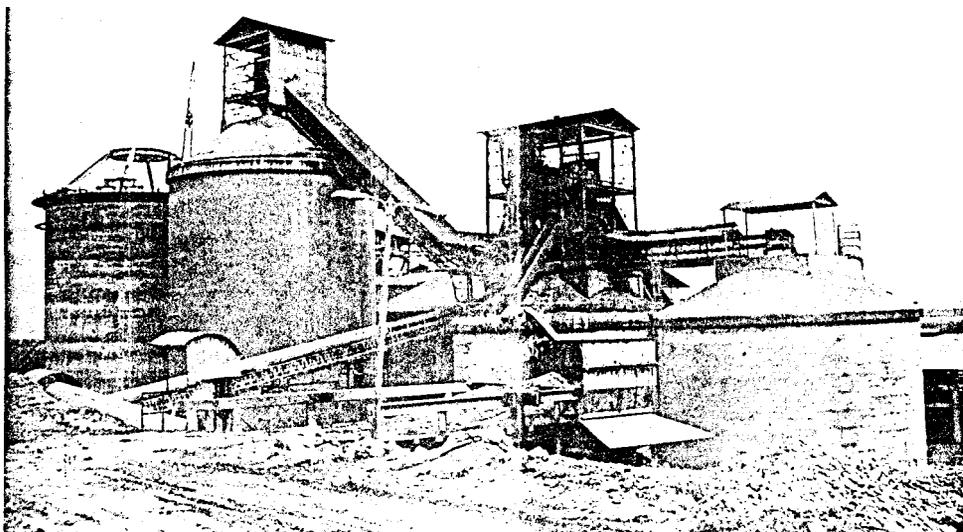


Foto #20: SILO DE ALMACENAMIENTO DE CEMENTO

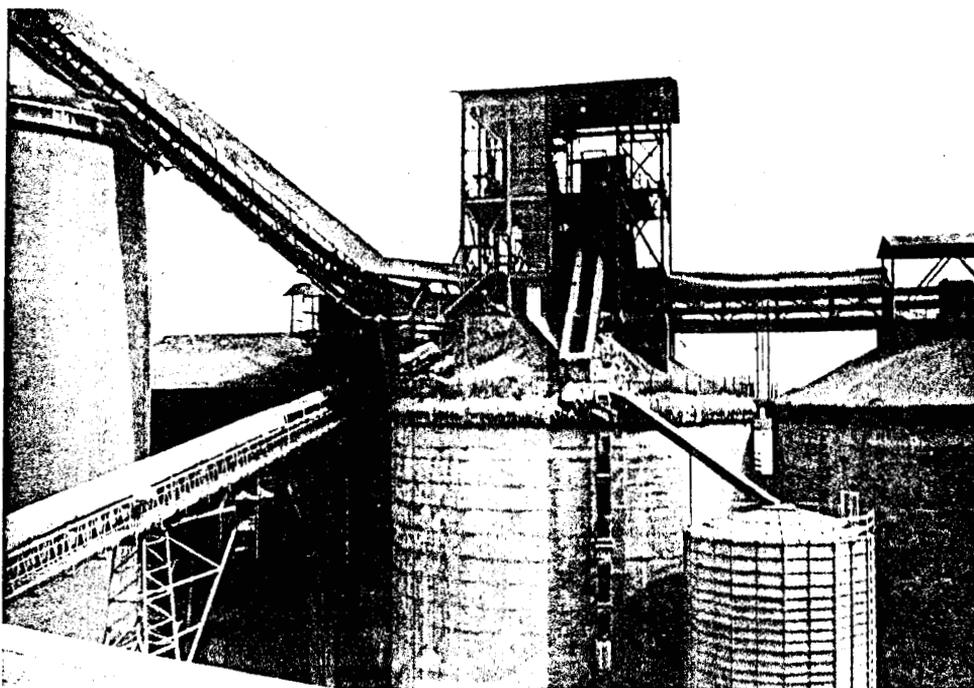


FOTO # 21: COSTRA DE POLVO EN EL SILO DE ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO

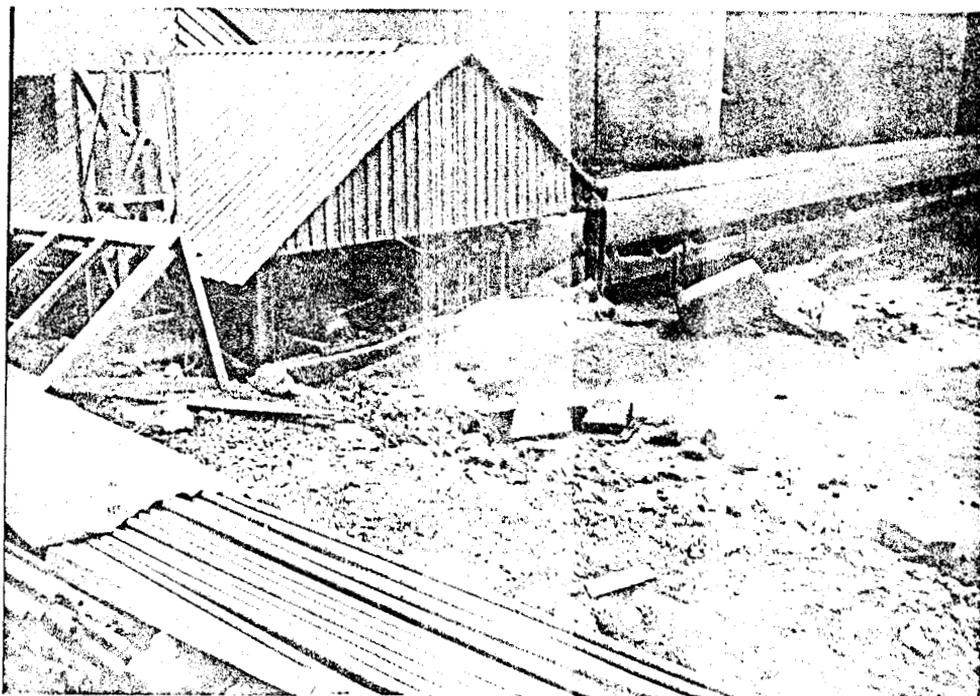


Foto # 22: AMBIENTE POLUIDO DEBIDO A LA MANIPULACION DEL CLINQUER PULVERIZADO

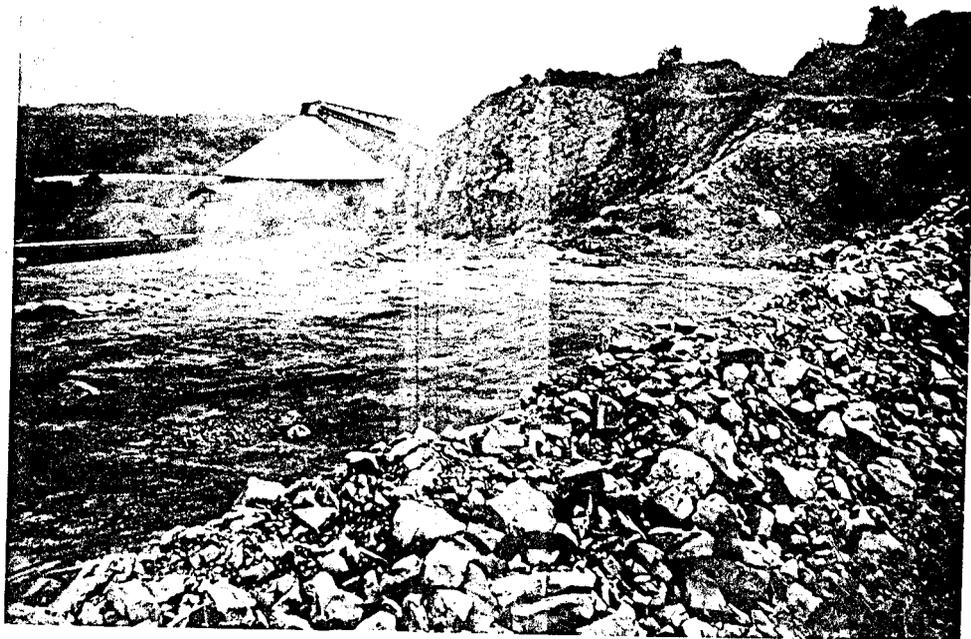


Foto # 23: AMBIENTE POLUIDO DEBIDO A LA DESCARGA DEL CLINQUER NO PULVERIZADO



Foto # 24: DESCARGA DEL CLINQUER NO PULVERIZADO

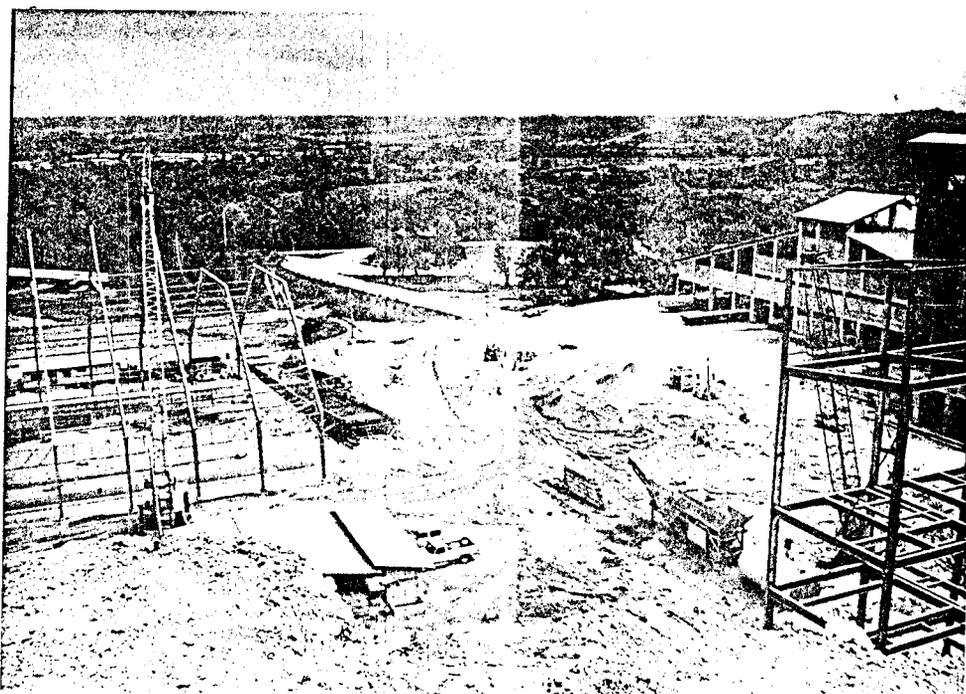


Foto #25: VIAS PAVIMENTADAS Y CARRILES DE ENVASE

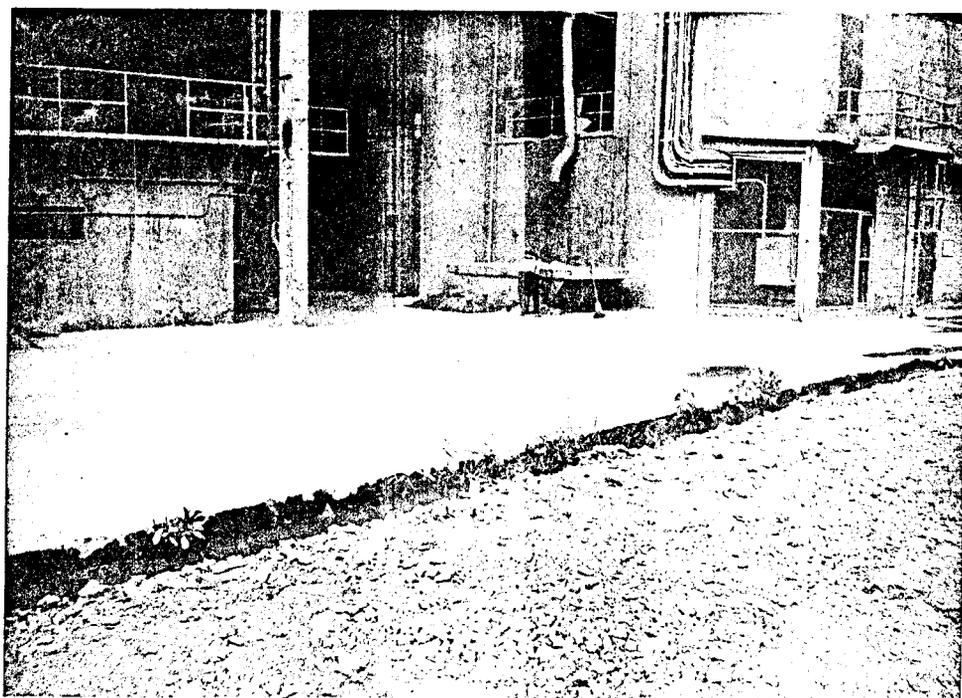


Foto #26: RECOLECCION DEL POLVO EN LOS HORNOS

## CAPITULO VI

### SALUD E HIGIENE

#### 6.1. EL POLVO Y SUS EFECTOS PATOLOGICOS.-

Los polvos tienen diferentes mecanismos de acción. Algunos actúan por acción mecánica, los cuales son duros y de bordes puntiagudos, y resultan traumatizantes para el tejido pulmonar. Por ejemplo, el amianto, cemento, hierro, etc.

Otros actúan químicamente y pueden afectar al sistema pulmonar (cáncer), como los cromatos, el arsénico, etc. También hay polvos que irritan las mucosas respiratorias superiores, conjuntivas y superficies cutáneas, ocasionando rinitis, conjuntivitis, etc.

Los polvos que actúan por acción alérgica, producen coriza, asma, dermatitis, etc. Este efecto se puede presentar en trabajadores de pieles, farmacéuticos, en obreros que manipulan plásticos y otros.

Hay **polvos** que afectan la mecánica respiratoria sin **ser** silicóticos, como el carbón (antracosis). el hierro (siderosis), etc.

Otros ocasionan enfermedades sistemáticas (intoxicaciones) como el del plomo (saturnismo), el manganeso (manganesismo). y otros.

También **los** hay que actúan **por** acción biológica, pues son vehículos de hongos y bacterias que pueden causar infecciones. Además hay los que actúan produciendo fibrosis pulmonar. es decir, **neumoconiosis** graves. Se entiende actualmente como **neumoconiosis** todas **las** alteraciones pulmonares producidas **por** la inhalación de **polvo**.

Una de las formas más graves de **neumoconiosis** es la **silicosis**, enfermedad producida por **los** minerales que contienen sílice libre **y** cuyas manifestaciones son la disnea y la paulatina disminución **de** la capacidad del trabajo, hasta llegar a la completa incapacidad. Además la **silicosis** acentúa **la** predisposición a la tuberculosis.

## 6.2. NORMAS **PERMISIBLES** DEL POLVO.-

Según la Dirección Nacional **de** Higiene del

Ministerio de Salud Pública de Cuba, las normas permisibles del polvo son:

1. Los polvos que contienen mas de 70% SiO<sub>2</sub> libre, que presentan una modificación cristalina (cuarzo, cristobalina, tridimita y condensado de dióxido de silicio): 1.0 mg / mts<sup>3</sup>.
2. Polvos que contienen el SiO<sub>2</sub> libre, en cantidades comprendidas entre el 10% y el 70%: 2.0 mg/mts<sup>3</sup>.
3. Polvo de cemento, rocas, minerales y otras mezclas que no contienen el SiO<sub>2</sub> suelto: **6.0** mg/mts<sup>3</sup>.
4. Polvo de carbón de menos del 10% de SiO<sub>2</sub> libre: 4.0 mg / mts<sup>3</sup>.
5. Polvo de tabaco: 3.0 mg / mts<sup>3</sup>.
6. Polvos vegetales y animales (de algodón, lino, harina, trigo, madera, lana, plumas, etc) que muestran mas de 10% de SiO<sub>2</sub> libre: 2.0 mg / mts<sup>3</sup>.
7. Polvos animales y vegetales de contenido menor

del 10% de SiO<sub>2</sub> libre: 4.0 mg /mts<sup>3</sup>.

8. Otros tipos de polvo mineral y vegetal en que no entra el SiO<sub>2</sub> ni los ingredientes de sustancias tóxicas: 10.0 mg /mts<sup>3</sup>.



Foto #27: BARRERA NATURAL AL NORTE DEL CIRCO  
DE ALMACENAMIENTO PRIMARIO

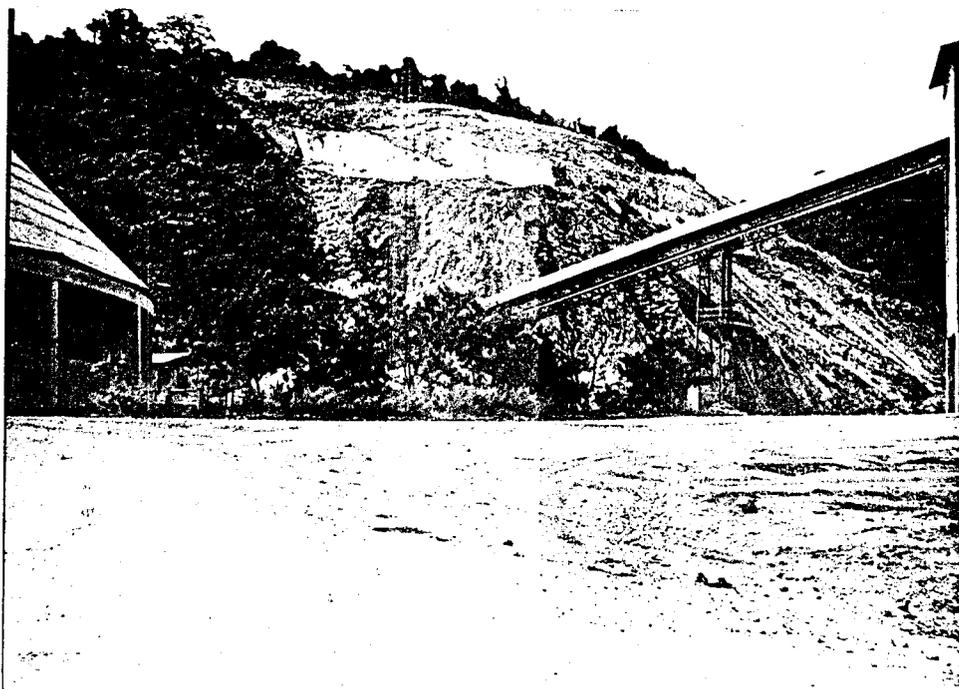
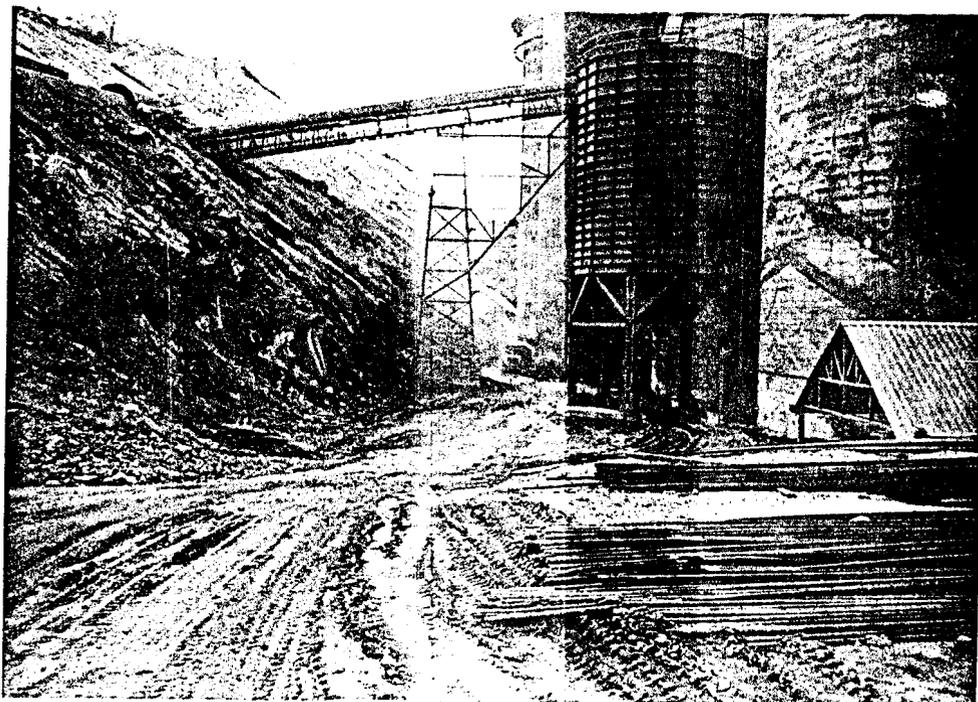


Foto #28: BARRERA NATURAL AL NORTE DEL CIRCO  
DE ALMACENAMIENTO SECUNDARIO



**Foto #29: BARRERA NATURAL AL NORTE DEL SILO  
DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO**



**Foto #30: BARRERA NATURAL AL NORTE DE LOS SILOS  
DE ALMACENAMIENTO DE CEMENTO**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se identificó la alteración del aire por emisión de partículas sólidas al ambiente, provenientes de toda la operación minera, siendo la zona mas afectada la comprendida entre las Estaciones MD2, MD4 y MD5. En estas dos últimas hay que considerar que su concentración es la suma de todas las emisiones de polvo causadas por las operaciones de explotación y procesamiento, debido a la predominante dirección del viento (SW).
2. El viento que viene barriendo la llanura costera llega cargado de cierta cantidad de polvo, lo que se demostró al encontrarse polvo en la cabeza colectora 1 y 2 del Medidor Direccional. colocado en la Estación MD1.
3. El polvo tiene como dirección predominante la Sur Oeste, por lo que la mina y sus instalaciones, están ubicadas correctamente con respecto a la ciudad de Guayaquil (Ver mapa # 1).

4. La mayor cantidad de polvo se queda atrapada en la barrera natural, constituida por la Cordillera **y** su vegetación que funcionan como filtro. Dicha **vegetación** se ve afectada en un kilómetro aproximadamente hacia el noroeste de la planta (ver mapa # 2), afección que no es totalmente devastadora, ya que en **los** meses de escasas precipitaciones pluviales la **vegetación** se observa poluida, más no devastada.
5. El viento cargado de polvo se encausa en el talud formado al pie de la Cordillera, adentrándose por las vertientes, punto donde el polvo alcanza su mayor penetración hacia la Cordillera.
6. La variación de concentración del polvo no está únicamente en función de la temperatura, tal **y** como se demostró con **los** resultados obtenidos en la proyección de la concentración del polvo en **los** diferentes meses del año; ya que en meses de escasas precipitaciones pluviales, la concentración es menor a la existente en **los** meses de precipitaciones pluviales considerables.
7. Los polvos **mas** nocivos para la salud son **los** que contienen un alto porcentaje de  $SiO_2$  con respecto a su composición química, **y** **los** polvos cuyas

partículas oscilen entre 0.25 a 5 micras.

Según los ensayos químicos e hidrométricos realizados, el polvo 1 contiene **10.44%** de SiO<sub>2</sub> y un **30 a 35%** de partículas de **0.25** a 5 micras, siendo un limo arcilloso.

El polvo 2 contiene un 13.92% de SiO<sub>2</sub> y un **20 a 25%** de partículas de **0.25** a 5 micras, siendo un limo arcilloso.

El polvo 3 contiene un 21.82% de SiO<sub>2</sub> y un 1% de partículas de **0.25** a 5 micras, siendo un limo puro.

Por lo antes expuesto, los polvos en general emitidos por las operaciones de la mina, **son** calificados como **4**, y por su concentración es calificado como 7, dentro de un rango del 1 al **10** de nocividad, en orden ascendente.

8. Los factores ambientales mas afectados, según la matriz valorada, son:

- El empleo.- Factor ambiental que se ve afectado positivamente, debido al número de empleos que dan las operaciones mineras emisores de polvo.
- Salud y seguridad.- Factor ambiental que se ve

afectado negativamente, **por** la concentración **y** composición del polvo.

- Equipo.- Factor que se ve afectado negativamente por la características de deterioro que tiene el polvo.
- Calidad de la atmósfera.- Factor que se ve afectado negativamente por las emisiones de partículas sólidas al ambiente.
- Flora y Fauna.- Factores que se ven afectados negativamente **por** la concentración **y** composición del polvo.

Los mayores focos emisores de polvo **son los** puntos de transferencia y manipulación del mineral y las **vías** de transporte interno; focos que serían mucho mas contaminantes si no se utilizaran los métodos de control ya descritos en el desarrollo de la tesis.

9. Debe existir personal de seguridad industrial que supervisen que **los** obreros de las diferentes **áreas**, utilicen las polveras permanentemente durante el horario normal de labores.
10. Se deben realizar exámenes médicos (especialmente del sistema respiratorio), por lo menos cuatro veces al año, a todos **los** trabajadores que constantemente **están** expuestos a niveles considerables de

concentración de polvo.

11. Para un mejor control del polvo en las vías pavimentadas, se recomienda realizar lavados con agua a presión por las noches, ya que es cuando disminuye el tráfico vehicular. Esta limpieza de las vías debe tener una frecuencia de por lo menos tres veces a la semana.
12. En las vías sin pavimentar, se recomienda el incremento del uso del carro cisterna, por lo menos en un 50%.
13. En los carriles de envase del producto terminado a los vehículos transportadores, se recomienda construir un sistema de lavado, por medio de aspersores, que rocíe el vehículo con agua hasta la altura de los neumáticos. El agua que escurre producto del lavado, va cargada con partículas fugitivas de cemento, que deberán ser canalizadas hacia un reservorio, donde se le pueda dar el tratamiento adecuado, para poder reciclar este cemento. Este proceso es conveniente hacerlo antes de que el vehículo cargado abandone el área de envase (Ver figura # 2).

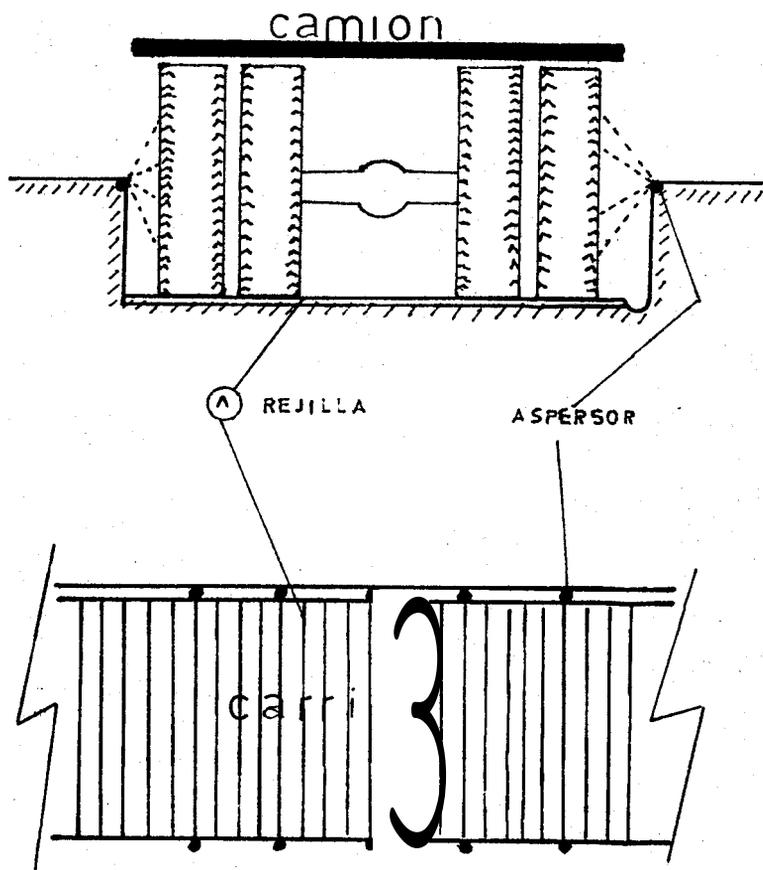


FIG. 2

14. Se debe obligar a los vehículos transportadores del producto terminado, que abandonen las inmediaciones de la planta, con la carga totalmente cubierta.
15. Se recomienda hacer reforestación de las áreas erosionadas, debido a las operaciones de una mina a tajo abierto.

## BIBLIOGRAFIA

1. FUNDACION GOMEZ PARDO. El Impacto Ambiental y la Restauración de Terrenos en Minería a Cielo Abierto. Tomo 1, Madrid, Diciembre 1985, Tema 11, pp. 2.
2. DIRECCION NACIONAL DE HIGIENE DEL MINISTERIO DE SALUD PUBLICA DE CUBA. Higiene del Medio Tomo 111, Editorial ESPAXC, La Habana 1976.
3. FUNDACION GOMEZ PARDO. El Impacto Ambiental y la Restauración de Terrenos en Minería a Cielo Abierto. Tomo 1, Madrid, Diciembre 1985, Tema 111, pp. 1-17.
4. JARDON, S. Restauración del medio natural afectado por la minería del carbón a cielo abierto. 1984.
5. SALT INSTITUTE. Dust Control. 1962.

