

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA QUIMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS

CONCENTRACION DE CUARZO DEL MUNICIPIO
DE SANTIAGO SUCHILQUITONGO, DEL ESTADO
DE OAXACA.

T E S I S

que para obtener el título de
INGENIERO METALURGICO
p r e s e n t a :
JAVIER FLORES BARRIOS

México, D. F.

1962



A mis padres:

Con mi gratitud, veneración y
cariño.

A mis maestros:

Como prueba de mi reconoci -
miento.

Al H. Jurado con sencillez.

A mis compañeros generación 54-58,
así como a todos mis amigos con mi
mas sincera amistad.

Agradezco al Ing. David Contreras C.
por su valiosa ayuda en la dirección de
esta Tesis.

SOLO LECTURA

Agradezco al Ing. Osvaldo Gurria por
las facilidades que se me dieron en los
laboratorios de la Comisión de Fomento
Minero para llevar a cabo la experi -
mentación.

SUMARIO

1.- ESTUDIO DE LA IMPORTANCIA QUE TIENE LA PRODUCCION DE CUARZO PARA LA INDUSTRIA VIDRIERA.

2.- ESTUDIO EXPERIMENTAL PARA EL APROVECHAMIENTO DEL MINERAL CUARZOSO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO SUCHILQUITONGO - Y ESPECIALMENTE DE LOS METODOS MAS APROPIADOS PARA OBTENER RESULTADOS EXPERIMENTALES EXACTOS Y RAPIDOS.

3.- ANTEPROYECTO PARA LA INSTALACION DE UNA PLANTA QUE SIGUIENDO EL TRATAMIENTO ESCOGIDO, PUEDA TRATAR 100 TONELADAS DIARIAS. DETERMINANDO EL COSTO DE PRIMERA INVERSION.

4.- CALCULO DE LAS UTILIDADES PROBABLES QUE SE LOGREN CON LA OPERACION DE LA PLANTA INDICADA.

PREFACIO

Es realmente cierto que México es inmensamente rico debido a sus riquezas naturales, tanto como lo es el hecho de que no hemos sabido aprovechar dichos recursos naturales y colocarlo en el lugar que debe corresponderle en el escalafón industrial y económico internacional.

Es lamentable que la industria mexicana del vidrio dependa del extranjero en lo que se refiere a materias primas especialmente cuarzo, existiendo en nuestro país inmensos yacimientos pero que por la falta de visión de nuestros inversionistas, así como de nuestros técnicos no se exploten dichos yacimientos, desperdiciando lo que puede satisfacer la demanda doméstica y abastecer a otros países en los cuales existe gran demanda por esta materia prima.

El presente estudio, es solo una pequeña demostración de lo asentado anteriormente.

Por lo que se refiere a los adelantos en la tecnología de la investigación industrial, si contemplamos varias décadas de años atrás de la aparición del "Análisis Estadístico" no encontraremos nada digno de mencionarse, desgraciadamente en México solo en contadas empresas extranjeras son aplicados los "Diseños de Experimentos" y las técnicas estadísticas del control de calidad, debido principalmente a la ignorancia de nuestros técnicos en este campo de la ciencia.

Es absolutamente necesario que nuestro querido I.P.N., que se distingue por marcar la ruta del progreso en la preparación de técnicos, tome en consideración el "Análisis Estadístico" ya que tiene campo de acción en todas las ciencias y no solo en lo que se refiere a la experimentación -

industrial, para así lograr liberar de las ataduras del empirismo a nuestra industria.

El pequeño esfuerzo que hago al desarrollar este trabajo, lo hago con la única ilusión de que pueda servir, aunque sea en una proporción mínima, para el progreso de mi patria.

SOLO LECTURA

CAPITULO I

ESTUDIO DE LA IMPORTANCIA ECONOMICA QUE TIENE LA PRODUCCION DE CUARZO PARA LA INDUSTRIA VIDRIERA.

Antecedentes Históricos.

Se desconoce en absoluto cuales sean los orígenes de la fabricación del vidrio y la época en que fue descubierta. La tradición asegura que Sostris, gracias a los conocimientos adquiridos en Tebas y en Menfis llegó a la posesión de un cetro de vidrio terminado en esmeralda. El dato más curioso que existe es el relieve en las paredes del hipogeo de Beni-Hassán-el-Gadim, en el que las figuras de dos obreros se ha querido interpretar que trabajaban piezas de vidrio soplado, la época de ese relieve alcanza el siglo XV a. de J. C., época en la cual realmente aparecen con alguna frecuencia piezas de vidrio en el mobiliario funerario de las correspondientes dinastías.

En el nuevo mundo aunque los pueblos precortesianos conocían empíricamente las características de los objetos expuestos a las altas temperaturas; sin embargo, resulta aventurado afirmar que tuvieron idea de las propiedades químicas de los materiales que utilizaban en forma tan experta.

Aunque poseían las materias primas indispensables para su fabricación, la falta de altas temperaturas les hacía imposible la obtención del vidrio. El desconocimiento del vidrio entre nuestros indígenas hacía que despertara gran curiosidad hacia los objetos transparentes, entre los cuales se encontraban las hojas grandes de mica y las laminillas de obsidiana (vidrio volcánico oscuro) que con gran habilidad pulían.

En la Nueva España ya aparece la industria del vidrio a mediados del siglo XVI, no obstante ya existían maestros vidrieros antes de esa fecha.

En 1542 un fabricante de nombre Rodrigo de Espinoza, se estableció en Puebla, en la calle del "Horno de Vidrio". Disponía de un horno y debemos suponer que este fabricante produjo grandes cantidades de cristal a juzgar por el hecho de que el 7 de septiembre de 1543 el Ayuntamiento le prohibió cortar leña a menos de dos leguas de la ciudad.

Producía vidrio de tres clases: blanco cristalino, verde y azul, el cual era exportado para Guatemala y Perú. Este horno dejó de existir en los años de 1712 a 1723.

A pesar de todo no habían logrado producir vidrio plano para puertas y ventanas. Como sustituto de este empleaban telas pintadas que cubrían con una capa de cera fundida y que se conocía con el nombre de "encerados". Un fiel testimonio de esto se tiene en los antiguos encerados que cubrían las -- ventanas de la primitiva Catedral de México. Toussaint Manuel en su libro "El Arte Colonial de México" nos dice que "las -- únicas vidrieras de la época colonial que conservamos en México son las pocas y maltratadas que aún existen en el Templo -- de la Profesa que datan del primer tercio del siglo XVIII".

En 1844 Lucas Alaman, decía que "con respecto a fábricas de vidrios planos y algunos otros artículos, las tres que se formaron en Puebla, Jalapa y esta capital, han cesado sus operaciones. Los productos en cuanto a vidrios planos y botellas fueron muy satisfactorios, y los demás artículos se iban perfeccionando; pero la falta de consumo causó en gran parte la cesación del trabajo".

El costo de los productos era muy elevado en comparación a los de cualquier otro país a pesar de que existían en nuestra nación las materias primas necesarias para fabricar el vidrio debido al sistema de producción manual y artesanal.

Por lo tanto la demanda de cristalería, vidrio plano y envases de diversas clases, se surtió casi totalmente en los mercados extranjeros. La introducción de sistemas de producción automáticos o semiautomáticos, se realizó a principios del presente siglo al establecerse la "Vidriería de Monterrey, S. A.", dedicándose en un principio a producir la botella cervecera y posteriormente amplió sus actividades a la fabricación de toda clase de envases.

La siguiente etapa importante de nuestra industria del vidrio, se inició el año de 1935, al establecerse la "Vidriera México, S. A.". En 1936 se fundaron en Monterrey, N. L., las negociaciones "Vidrio Plano, S. A." y Cristalería, S. A." y en el Distrito Federal la "Fábrica Nacional de Vidrio, S. A."

La tercera etapa en el desarrollo de esta industria se inició en 1946, cuando se establecieron tres plantas vidrieras para la fabricación de envases: La "Vidriera de Guadalajara, S. A.", "Cristales Mexicanos, S. A." en Monterrey, N. L. y Vidriería Los Reyes" en el Estado de México y a fines de 1948, la "Cervecería Moctezuma de Orizaba" en el Estado de Veracruz.

Es de mencionarse la existencia temporal de "Vidriera de Puebla, S. A." y "Vidrio del Centro", S. A., motivadas por la excesiva demanda de estos productos en la última guerra mundial.

Además deben de mencionarse los pequeños establecimientos que en forma más o menos permanente producen envases de vidrio, así como los pequeños talleres que fabrican cortas cantidades de objetos artísticos y fundamentales.

Los factores que han contribuido a la ubicación de la mayor parte de las fábricas vidrieras en las ciudades de Monterrey y México, D. F., son:

a).- Abastecimiento de materias primas. La mayor parte de las que utiliza la industria provienen del extranjero, -- principalmente los Estados Unidos, de ahí la importancia que

tiene la ubicación de las plantas en lugares adecuadamente comunicados con el país proveedor.

b).- Mercado. La naturaleza misma de los productos de esta industria, hace que se localice en los grandes centros de población, pues en ellos existe fuerte demanda de dichos productos.

MÉTODOS DE FABRICACION.

Método para la fabricación de envases:

1.- Preparación de las materias primas.- Este paso se inicia, con la molienda de la pedacería de vidrio hasta un tamaño, que no debe exceder de 19mm; se dosifican las demas materias primas, haciéndose uso ya sea de tolvas automáticas para pesar o bien los procedimientos comunes. Un ejemplo típico de las proporciones en que intervienen las distintas materias primas en la composición de la mezcla, es el siguiente:

Arena sílica	59%
Carbonato de Na	26%
Feldespató	9%
Caliza	5%
Otras materias primas	1%

2.- Mezcla de materias primas.- Das materias primas debidamente pesadas junto con una cantidad de pedacería de vidrio, que varía del 35 al 50% del peso total, se cargan en una revolvedora rotatoria donde se obtiene una mezcla suficientemente homogénea para ser cargada al horno.

3.- Carga del horno.- Las materias primas conveniente mezcladas, se transportan al horno en tolvas que en algunos casos, se descargan manualmente y, en otros, en -

forma automática, introduciendo cada vez al horno una cantidad constante de material.

- 4.-Fusión de la carga.- Los materiales introducidos en el horno se calientan, haciendo pasar por su superficie las llamas producidas en una serie de quemadores de gas o de petróleo combustible; la temperatura de reblandecimiento del vidrio es de 1300 a 1400°C.

Dentro del horno existen dos zonas: en la primera es donde se realiza la fusión propiamente dicha y en la segunda, tiene lugar una refinación por decantación de la masa fundida. Según se dijo anteriormente, ambas zonas se encuentran comunicadas por un paso inferior que impide que las impurezas que se separan y suben a la superficie en la primera zona, pasen a los alimentadores de las máquinas moldeadoras. Los hornos de pequeña capacidad utilizados para la fabricación manual de envases de baja calidad, no tienen la disposición mencionada. Generalmente se lleva un control preciso de las temperaturas existentes en toda la extensión del horno, especialmente en los de gran capacidad.

- 5.-Alimentación de las máquinas moldeadoras.-Este paso tiene lugar en el proceso de moldeo de envases mediante máquinas automáticas. El alimentador consiste en un canal de material refractario, provisto de quemadores que mantienen la temperatura del vidrio fundido al nivel requerido para la operación del moldeo. Es aquí donde es preciso mantener un control más exacto de la temperatura, pues de ella depende principalmente la rapidez de solidificación del producto, factor -

que determina la velocidad de la máquina moldeadora. Al final del canal antes descrito, existe un pistón - que dosifica y bombea automáticamente la cantidad necesaria de vidrio fundido requerida para la unidad -- que se desea fabricar la cual pasa por un orificio de sección ajustable a voluntad.

- 6.- Moldeo automático en máquina tipo I. L. Hartford.- El proceso de moldeo en este tipo de máquina, se inicia cuando el alimentador deja caer sucesivamente en una serie de canales, la porción del vidrio conocida con el nombre de vela. El número de canales es el mismo que el de secciones con que cuenta la máquina. Cada sección realiza íntegramente el moldeo del producto - a través de una serie de operaciones que constituyen un ciclo de la sección. El conjunto de ciclos de -- sección, hace el ciclo de la máquina, de manera que si la máquina tiene 5 secciones en cada ciclo completo de la máquina se producen 5 botellas. Cada sección cuenta con un premolde en el que se forma la corona de la botella y su cuerpo toscamente; de ahí pasa al molde propiamente dicho en donde se afinan sus contornos. Ambas operaciones se llevan a cabo mediante la inyección de aire comprimido en la masa - fundida del vidrio. Una vez formada la botella, pasa a un transportador que recoge sucesivamente las unidades fabricadas por las demás secciones de la máquina y las conduce al horno de templado.
- 7.- Moldeo automático en máquina tipo Lynch.- Estas máquinas difieren de las anteriores en que los premol-- des y moldes se encuentran dispuestos en la periferia

de dos "mesas rotatorias". A medida que cada premolde -
pasa por debajo del alimentador, este deja caer en su -
interior la vela de vidrio, a la cual se forma la co-
rona y se premoldea. Despues de recorrer 180°, la pie-
za semimoldeada es tomada por el molde correspondien-
te y colocada en la segunda de las mesas. En esta se
termina la operación y se coloca la botella ya forma-
da en una banda transportadora que la conduce al hor-
no templador.

- 8.-Moldeado semiautomático.- En este sistema, que se uti-
liza generalmente en la manufactura de envases de me-
diana capacidad, el operador toma con una varilla hue-
ca metálica llamada caña, una determinada cantidad -
de vidrio en estado pastoso. A esta masa de vidrio se
le imprime una serie de movimientos rotatorios y de
vaivén combinados, y se le sopla aire al interior de
la misma. Cuando se le ha dado a la masa de vidrio -
una forma adecuada, se le introduce al molde, se cie-
rra este y se inyecta aire durante unos instantes. A
continuación se abre el molde, se extrae el produc --
to y se envía al horno templador. Se le dá a este --
procedimiento el nombre de semiautomático a causa de
que las operaciones de apertura y cierre de los mol-
des y el soplado, se realizan mecánica o neumática --
mente y la función del operario se concreta al pre-
moldeo, colocación y extracción del material.
- 9.-Moldeo manual.- Este proceso se aplica a la produc-
ción de envases de gran capacidad; como son los ga-
rrafones de 5, 20 y 50 ls. El obrero inicia la opera-
ción en forma similar a la antes descrita, pero lle-
vando el premoldeo a un grado más avanzado, llegado

el cual, coloca el producto en el interior de un molde que es abierto y cerrado por un ayudante. El soplado lo realiza el mismo operador en los primeros pasos del proceso y lo termina con el auxilio de aire comprimido suministrado por máquinas compresoras.

- 10.-Templado.- El objeto de esta operación es reducir los esfuerzos interiores que se presentan en el vidrio cuando este se enfría. En las plantas mecanizadas se lleva a cabo este proceso en hornos continuos tipo túnel, a lo largo de los cuales corre una banda transportadora metálica. La temperatura a la entrada de los templadores es generalmente entre 530 y 650° C y a la salida del horno, es común encontrar temperaturas de 40 a 65°C.

Método para la fabricación de vidrio plano.-

El proceso de fabricación de vidrio plano, es similar al arriba descrito en los pasos que van desde la preparación de las materias primas hasta la fusión del vidrio por tal motivo, se describe a partir de esta última etapa. Cabe mencionar que en este tipo de fabricación se requiere un control más estricto de la calidad de las materias primas y de las temperaturas. Es también de mayor importancia, mantener constante el nivel del vidrio dentro del horno.

- 1.-Laminación de vidrio claro.-El vidrio plano incoloro que se fabrica en México se elabora exclusivamente en laminadoras de tipo continuo. La operación de estas máquinas es como sigue; el vidrio en estado pastoso es tomado por dos rodillos que giran en sentidos opuestos y que están separados por una distancia determinada, que fija el espesor del vidrio que se de-

-sea fabricar. Arriba de este par de rodillos, hay otra serie dispuesta en un plano vertical. El vidrio que en los primeros pares de cilindros está en estado maleable, se va solidificando a medida que sube, hasta que al subir en la parte superior de la máquina - se encuentra perfectamente rígido a una temperatura - próxima a la del ambiente. El operario situado en ese lugar, practica un corte horizontal en la hoja de vidrio cuando esta tiene la dimensión requerida. La hoja de vidrio se envía a la sala de corte y a continuación se empaacan las piezas en cajas de madera.

2.-Laminación de vidrio labrado o de gota.- La manufactura de esta clase de vidrio se lleva a cabo mediante sistemas menos mecanizados. Se inicia cuando un operario toma del horno de fusión, con una cuchara - especial, una masa de vidrio en estado pastoso y lo deposita en una laminadora constituida por dos cilindros uno de los cuales, o ambos, llevan grabado el dibujo que se imprimirá en la hoja de vidrio. La hoja ya laminada se coloca en el primero de una - serie de hornos templadores; en cada uno de ellos la temperatura es inferior a la del anterior. Una vez que la lámina ha pasado por los templadores, se corta a las dimensiones deseadas y se empaaca.

Métodos para la fabricación de artículos de cristalería.-

La manufactura de estos productos se lleva a cabo tanto por el procedimiento semiautomático como por el - manual. El proceso es similar al ya descrito para la fabricación de envases, con las siguientes salvedades:
a) La calidad del vidrio usado se rige por normas -

más estrictas que para los demás productos, especialmente en lo que se refiere al contenido de fierro;

b) algunos productos como copas, jarras, etc., se fabrican en dos o más etapas, por distintos operarios; y c) existe una gran especialización en los obreros, los cuales casi siempre se dedican exclusivamente a la fabricación de un solo artículo o parte de él.

MATERIAS PRIMAS

La industria mexicana del vidrio depende todavía del extranjero en lo que se refiere a materias primas, pues - aunque algunas de ellas ya se producen en el país, no son suficientes para atender las necesidades domésticas.

Las materias primas utilizadas en la fabricación de vidrio son en orden de importancia las siguientes: arena - sílica, pedacería de vidrio, piedra caliza, carbonato de sodio, feldespatos, pedacerías de vidrio blanco y ámbar. Además de estas materias primas se consumen otras en pequeñas cantidades como: sulfato de sodio, bórax, diatomita, decolorantes (arsénico, selenio, bióxido de manganeso) y colorantes.

En el año de 1960, la industria del vidrio consumió 275 888 ton. de materias primas (arena sílica, pedacería - de vidrio, ceniza de sosa, piedra caliza, sulfato de sodio y otras) con un valor de \$71.678,569.00.

Tomando en cuenta que uno de los índices para calcular el desarrollo alcanzado por cualquier industria lo - constituye el análisis del volumen físico de materias - primas consumidas, lo mismo que el valor, a continuación se analizan los correspondientes al período de 1935-1960.

Las cifras de la tabla-1 muestran como el volumen de las materias primas ha venido aumentando en forma continua desde el año de 1935 hasta 1945. En el año de 1946, se observa una ligera disminución que se acentúa todavía más, - en el siguiente año para subir nuevamente a partir de 1948. En 1959, se alcanza la cifra máxima del período.

En los 26 años que abarca este informe el consumo de materias primas ha aumentado cerca de 10 veces.

Por lo que se refiere al valor, su tendencia ha sido la misma que para el volumen físico en el período 1935 -- 1945, con excepción del año 1936 en que se nota una ligera disminución. Para 1960 el valor de las materias primas se había incrementado en un 6 080.02% con respecto a 1935. Es decir, mientras el volumen físico aumentó cerca de 10 veces el valor fue de más de 60 veces. El mayor incremento en el valor de las materias primas se debe al alza registrada en la mayor parte de las materias primas industriales y de las cuales no han podido sustraerse las correspondientes a la industria del vidrio.

La industria del vidrio, al igual que otras ramas industriales se vió afectada durante la segunda guerra mundial por los controles establecidos en los Estados Unidos de Norteamérica para la exportación de ciertas materias primas. La baja registrada en el volumen durante los años de 1946 y 1947, fue ocasionada por los ajustes económicos de la postguerra.

De acuerdo con estos datos, en el año de 1935 se consumieron 28 184.3 ton. de las cuales el 65.23% estaba representado por arena sílica; el 22.09% ceniza de sosa y el 12.67% piedra caliza, esta última de origen nacional.

TABLA-1
Volumen y valor de las principales materias primas consu-
- midas, (1935-1960)

Años	Cantidad (ton)	Valor (pesos)
1935	28184.3	1 188 773
1936	32434.3	1 153 891
1937	44494.4	1 979 291
1938	49677.6	2 770 522
1939	57103.5	3 931 510
1940	73692.6	5 111 053
1941	82287.1	5 918 056
1942	83104.0	6 927 857
1943	109826.5	7 741 615
1944	119365.7	9 326 546
1945	136435.9	10 757 892
1946	116428.0	9 668 758
1947	97635.3	9 511 498
1948	117977.8	11 555 448
1949	142118.7	16 822 758
1950	168853.0	21 682 199
1951	171126.1	24 995 102
1952	174832.4	30 082 480
1953	179004.0	35 999 898
1954	181230.0	41 010 772
1955	184615.8	46 776 948
1956	209968.8	56 621 049
1957	261293.7	56 795 583
1958	225334.0	58 463 095
1959	280937.8	70 860 068
1960	275880.6	71 678 569

Fuente: Dirección General de Estadística. México.

En el año de 1960 el consumo fue de 275 880 C ton. cuyo porcentaje de distribución es el siguiente: de arena sílica el 38.58%; pedacería de vidrio el 30.60%; el feldespato y el sulfato de sodio con el 2.38% y el 0.46% respectivamente.

ARENA SILICA.-La arena sílica es la principal materia prima que interviene en la fabricación del vidrio, ya que se usa en una proporción que varía entre el 45 y el 65%. Su valor como materia está representado por su contenido de sílice (óxido de silicio) que en arenas de buena calidad se eleva arriba del 99%. Para la fabricación de vidrio claro, carente de coloración alguna es indispensable que la arena esté privada casi absolutamente de compuestos ferrosos. En el período que se comenta este informe, el consumo de esta materia prima, por la industria aparece en la tabla-2 .

Como puede verse en la tabla-2 la tendencia del consumo de arena sílica es de aumento, a pesar de que presenta algunas oscilaciones a la baja; su incremento en el período es de un 576.79%.

En cuanto al valor de esta materia prima, su incremento fue de 4 300.63%. De esto se desprende que el valor de las materias primas se ha elevado más rápidamente que el del volumen físico: el primero 43 veces y el segundo apenas 6 veces.

La mayor parte de la arena sílica que consume la industria del vidrio en el país es de importación. La razón por la que se prefiere la arena de importación se debe a que se usa en la fabricación de vidrios claros, por su bajo contenido de fierro.

TABLA-2
Consumo de arena sílica
(1935 - 1960)

Años	Cantidad (ton)	Valor (pesos)	Precio unitario/ton.
1935	18 387.4	435 299	23.67
1936	14 790.5	403 818	27.30
1937	24 606.2	691 582	28.11
1938	24 146.7	913 044	37.77
1939	30 232.2	1 369 056	45.28
1940	34 542.6	1 665 231	48.21
1941	43 699.4	1 983 754	45.40
1942	38 154.3	1 912 319	50.12
1943	52 797.6	2 401 964	41.56
1944	57 244.8	2 704 246	47.24
1945	67 597 7	3 228 587	47.76
1946	55 109.9	2 797 526	50.76
1947	49 281.6	2 508 019	50.89
1948	57 528.1	3 395 326	39.02
1949	62 251.0	5 280 980	84.83
1950	76 749.7	7 724 630	100.65
1951	81 342.5	9 540 177	117.31
1952	84 716.4	11 000 439	128.67
1953	89 124.7	12 024 704	134.92
1954	91 326.8	14 033 270	153.66
1955	90 610.0	14 478 502	159.78
1956	110 087.0	17 600 938	159.88
1957	109 508.3	16 826 973	153.66
1958	97 726.8	17 633 099	180.43
1959	112 833.3	21 522 886	190.74
1960	106 055.6	18 720 607	176.52

Fuente: Dirección General de Estadística. México.

Aunque en la actualidad no se han impuesto restricciones a la exportación de arena sílica por parte de los Estados Unidos, existe la posibilidad de que en una situación de emergencia se dificulte el aprovisionamiento de este mineral, dada la experiencia obtenida en el último conflicto bélico.

MANO DE OBRA.

Esta industria ocupa un alto número de obreros especializados, como los mecánicos encargados de las máquinas automáticas, torneros, cortadores de vidrio plano, soplado -- res de artículos de cristalería (garrafrones) etc. Para el movimiento de materiales, clasificación de pedacería de vidrio y labores semejantes se emplean obreros no calificados.

Es de hacerse notar el aumento de la productividad por obrero en los últimos años, debido principalmente a la modernización de las plantas, substituyendo los antiguos métodos manuales y artesanales por automáticos y semiautomáticos.

Técnicos.- Los técnicos que prestan sus servicios en esta industria son solamente ingenieros químicos e ingenieros mecánicos ya que en nuestro país carecemos de técnicos especializados en esta industria.

PRODUCCION

La industria del vidrio ha experimentado un desarrollo bastante significativo, como resultado inmediato de la modernización que se ha llevado a cabo en los equipos, reflejándose directamente en el aumento del volumen y valor de la producción así como en la calidad de los productos.

En la tabla-3 se muestra el valor total de la producción, que corresponde a los renglones contemplados de productos: a) envases de todas clases, b) cristalería de todas clases, c) vidrio plano, liso, labrado y de gota, de otros productos.

Durante el período que se viene considerando desde 1936-1960, el valor de la producción se ha incrementado en un 5 099.44%. Este hecho obedece a dos causas: a) aumento en el volumen de producción y b) aumento en los precios de los productos, como consecuencia del alza registrada en la mayor parte de las materias primas, tanto en el mercado interno como en el internacional.

En el año de 1935 el valor de la producción fue de - \$6 455 579.00, del cual el 47.28% estuvo representado por los envases, el 28.72% por los artículos de cristalería y el 19.89% por el vidrio plano. En 1960, después de 26 años la situación fue la siguiente: el valor total de la producción subió a \$329 198 888.00, de los cuales el 57.24% está representado por los envases de vidrio de todas clases. Este aumento en la aportación al valor total se debe a la mayor demanda por las nuevas fábricas embotelladoras de refrescos, de productos medicinales, al uso creciente en los hogares de agua embotellada, etc. así como por el alza en los precios de los envases.

El valor de la producción de los artículos de cristalería siguió ocupando el segundo lugar, con el 24.89%. Enseguida tenemos el valor de la producción del vidrio plano el cual representa el 15.31% y por último el valor de la producción de otros productos con el 2.56%.

TABLA-3

Valor de la producción de la industria del vidrio

<u>AÑOS</u>	<u>Valor (pesos)</u>
1935	6 455 579
1936	4 311 983
1937	6 363 049
1938	8 136 839
1939	10 949 602
1940	11 605 801
1941	10 706 977
1942	17 726 317
1943	24 289 956
1944	32 601 809
1945	38 854 557
1946	40 416 682
1947	44 707 406
1948	50 779 768
1949	61 461 857
1950	88 598 521
1951	106 324 412
1952	124 912 800
1953	156 038 916
1954	178 198 314
1955	200 408 420
1956	235 952 147
1957	251 859 152
1958	256 129 289
1959	292 771 760
1960	329 198 888

A pesar de que la producción de envases y vidrios para la construcción (vidrio plano liso) ha aumentado, (lo que da lugar a que se realicen exportaciones de cierta importancia) las importaciones no se han anulado completamente. La causa de esta situación, obedece en parte, a que las importaciones se refieren a aquellos artículos que aun cuando se producen, no corresponden a las características requeridas para usos esenciales.

a) Producción de envases.- La producción de envases ha sido estimulada por varias causas entre otras podemos anotar las siguientes:

1. Por el desarrollo de la producción de cerveza y de la industria de bebidas gaseosas, así como el uso creciente que se hace de agua envasada en garrafrones para uso doméstico en gran parte de las ciudades del país.

2. El desarrollo de la industria de conservas alimenticias, que en forma creciente sustituye los envases metálicos por los de vidrio, a consecuencia de la preferencia del consumidor y por la escasez de los primeros.

3. Por el desarrollo de la industria químico-farmacéutica que demanda cada vez mayor cantidad de frascos de diferentes capacidades.

b) Vidrio plano.- El auge alcanzado por la industria de la construcción durante la segunda guerra mundial, dió considerable impulso a la fabricación de vidrio plano. En esta época la producción nacional registró un aumento considerable, a partir de 1940, a la vez que aumentaron en forma rápida las importaciones de vidrio y cristales planos.

MERCADO

Al referirnos al mercado de los productos de la industria del vidrio, es necesario considerar la demanda en particular de cada uno de los renglones en que se ha dividido la producción nacional y las importaciones.

El mercado de envases se ha ido ampliando como consecuencia del desarrollo de las industrias que utilizan esta clase de recipientes para envasar sus productos. Desde el punto de vista geográfico dicho mercado coincide con la localización de las siguientes industrias: cerveza, bebidas gaseosas, vinícola, químico-farmacéutica, aceites, perfumes, etc. El aumento de la demanda de envases por parte de algunas de las industrias citadas anteriormente, ha sido notable en los últimos años, como consecuencia de la creciente producción.

En el caso del vidrio plano, su mercado abarca, en términos generales, aquellas ciudades en donde la industria de la construcción se ha desarrollado en forma importante. Entre estas ciudades pueden señalarse las de Monterrey, N. L., Guadalajara, Jal., y especialmente el Distrito Federal.

El mercado de los artículos de cristalería es menos amplio que el de los productos anteriores, ya que generalmente comprende aquellas zonas donde el nivel cultural y económico es relativamente elevado.

Aunque la producción nacional de envases, vidrio plano y artículos de cristalería, va en aumento, las importaciones no se han anulado completamente, bien sea por que la producción de algunos de estos artículos resulta todavía insuficiente para atender la creciente demanda, o por que todavía no se producen en el país artículos de características especiales.

El valor de los productos de vidrio de producción va-
rió entre un 7 y 10% en relación a los productos nacio-
nales, en los últimos 5 años.

La exportación de productos de vidrio es bastante pe-
queña en relación a la producción, sin embargo puede ser --
un renglón de consideración que permita aumentar la produc-
ción, siempre y cuando se conserven los mercados del exte-
rior, con productos de calidad y precios que puedan compe-
tir con los artículos similares de otros países. En los úl-
timos 5 años el valor de la exportación ha sido entre 5 y
8% de la producción nacional.

Por lo que se refiere al cuarzo, materia de nuestro-
estudio, ya en la tabla-2 hemos analizado el consumo de es-
ta materia prima por la industria del vidrio, en cuanto al
mercado exterior a continuación tenemos el valor de las im-
portaciones y el de las exportaciones durante los años de
1959 y 1960, estos datos no se refieren exclusivamente pa-
ra la industria del vidrio ya que dichos datos no existen
en la Dirección General de Estadística.

Años	1959	1960
Importación	\$20 091 163.00	\$21 752 192.00
Exportación	\$275 288.00	\$352 347.00

Como puede verse el consumo de arena sílica en nues-
tro país depende todavía del extranjero, especialmente de
los Estados Unidos que es el principal abastecedor de esta
materia prima a nuestro país.

En cambio las exportaciones son insignificantes en --
comparación con las importaciones y el consumo nacional de
este producto.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

1.- Se desconoce por completo los orígenes de la fabricación del vidrio, así como el lugar y la fecha en que se descubrió. En el nuevo mundo, aunque se tenían las materias primas necesarias les era imposible obtenerlo debido a que podían obtener altas temperaturas, lo cual es indispensable.

2.- En México se fabrican artículos de vidrio desde mediados del siglo XVI. Fue en Puebla de los Angeles donde se produjo por vez primera, tocando a los españoles incorporar esta industria a la vida económica del país. Desde aquella época los métodos de producción fueron el artesanal o manual; los automáticos y semiautomáticos se introdujeron a principios del siglo actual.

3.- La industria mexicana del vidrio comprende dos tipos de establecimientos: a) fábricas mecanizadas que elaboran fuertes cantidades de artículos estandarizados, con máquinas automáticas y semiautomáticas; y b) pequeños talleres que fabrican cortas cantidades de objetos artísticos y ornamentales. La producción de los primeros representa más del 90% del valor total.

4.- Actualmente las fábricas están dotadas con el equipo adecuado para una producción automática y semiautomática especialmente por lo que se refiere a la producción de botellas y vidrio plano. Los equipos automáticos para la producción de envases son del tipo I. L. Hartford y Lynch, cuyas patentes siguen siendo propiedad de empresas norteamericanas. Las instalaciones responden al flujo natural de los materiales.

5.- En México se fabrican: a) envase standard de vidrio blanco, ambar y verde; b) vidrio plano y especiales y c) cristalería en general.

6.- Esta industria ocupa un alto número de obreros especializados en aquellas operaciones que las requieren; en cambio en otros como la clasificación de la pedacería de vidrio y otras similares se emplean obreros no calificados.

7.- La industria del vidrio ha experimentado un desarrollo muy significativo, como resultado inmediato de la modernización que se ha llevado a cabo en los equipos, reflejándose esto directamente en el aumento del volumen y valor de la producción así como en la calidad de los productos.

8.- Por lo que se refiere al mercado debe señalarse que la industria nacional abastece con un porcentaje bastante elevado la demanda doméstica; se realizan importaciones de aquellos productos que no se fabrican en el país o cuya producción resulta insuficiente. Asimismo debe indicarse que nuestro país concurre a los mercados internacionales con sus productos cuando se presentan condiciones favorables.

9.- El consumo aparente muestra una clara tendencia hacia el aumento; ello se debe principalmente al desarrollo logrado por las industrias; química, farmacéutica, de aceites y grasas, gaseosas, cervecera, etc., así como de la construcción.

10.- La industria mexicana del vidrio depende todavía del extranjero en lo que se refiere a materias primas, pues aunque algunas de ellas ya se producen en el país, no son suficientes para atender las demandas domésticas. Los precios de la mayor parte muestran una tendencia hacia el alza, en mayor proporción las de origen extranjero.

11.- La materia prima de mayor importancia es la arena sílica, de la cual a pesar de que en los últimos años se han aprovechado algunas arenas de calidad óptima que existen en nuestro país con un simple lavado, no se ha podido satisfacer las necesidades de nuestra industria vidriera. Es realmente de lamentarse el hecho de que existiendo en nuestro país grandes yacimientos no sean aprovechados mediante el tratamiento adecuado, logrando así satisfacer la demanda doméstica y abasteciendo a otros países en los cuales existe gran demanda por esta materia prima.

12.- Considerando nuestro caso en que los yacimientos de este mineral los cuales se encuentran en el Municipio de Santiago Suchilquitongo, el cual esta solo a 30 kilometros de la ciudad de Oaxaca, sería muy conveniente la instalación en este lugar de una fábrica de productos de vidrio, teniendo así una fuente más de trabajo en este lugar además que como demostraremos más adelante, se evitaria -- uno de los principales costos como lo es el flete de esta materia prima, el cual es aproximadamente el 50% de los -- costos totales.

CAPITULO II

ESTUDIO EXPERIMENTAL PARA EL APROVECHAMIENTO DEL
MINERAL CUARZOSO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO SUCHIL
QUITONGO Y ESPECIALMENTE DE LOS METODOS MAS APRO-
PIADOS PARA OBTENER RESULTADOS EXPERIMENTALES -
EXACTOS Y RAPIDOS.

SOLO LECTURA

ESTUDIO MINERALÓGICO

Propiedades Físicas

Peso específico.....	2.67
Dureza	7.0
Crucero	no presenta
Fractura	desigual
Estructura	compacta
Lustre	graso
Color	blanco lechoso y verde gris con manchas amarillo ocre.
Raspadura	blanca
Opaco	

El estudio microscópico del mineral sobre molienda a -28 mallas, permitió determinar las siguientes especies:

En su mayoría está compuesto por roca llamada cuarcita, algo de calcedonia y pequeñas cantidades de cuarzo ferruginoso, caolín y limonita.

Análisis Químico Cuantitativo

SiO ₂	96.38%
Al ₂ O ₃	0.90%
Fe ₂ O ₃	1.180%
CaO	0.13%
MgO	0.07%
K ₂ O	0.088%
Na ₂ O	0.122%
P.P.C.	1.08%

Reconstrucción Mineralógica

Mineral	%	Densidad	
Cuarzo	90.00	2.65	238.50
Calcedonia	6.00	2.65	15.90
Limonita	2.00	3.80	7.60
Caolín	2.00	2.60	<u>5.20</u>
			267.20

Densidad calculada 2.672

Experimentación por Flotación

Esta experimentación tendrá como finalidad obtener -- arenas de cuarzo útiles en la industria de vidrio, las cuales se clasifican de acuerdo con la siguiente tabla.

Calidad del vidrio	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO-MgO
	%Mín.	%Máx.	%Máx.	% Máx.
1a. Clase-vidrio óptico	99.80	0.1	0.020	0.1
2a. Clase-recipientes y artículos demesa de vidrio Flint.	98.50	0.5	0.035	0.2
3a. Clase-vidrio Flint.	95.00	4.0	0.035	0.5
4a. Clase-vidrio laminado y espejos.	95.00	4.0	0.060	0.5
5a. Clase-vidrio laminado y espejos (2a. categ.)	95.00	4.0	0.060	0.5
6a. Clase-vidrio verde para recipientes y ventanas.	95.00	0.5	0.300	0.5
7a Clase-vidrio verde(2a.categ)	95.00	4.0	0.300	0.5
8a Clase-recipientes de vidrio ambar.	98.00	0.5	1.000	0.5
9a. Clase-vidrio ambar (2a. categ.)	95.00	4.0	1.000	0.5

Si observamos el resultado del análisis químico de nuestra muestra de cuarzo y la tabla anterior en la cual se clasifican las diferentes arenas utilizadas en la industria del vidrio, de acuerdo con el contenido de SiO_2 nuestras arenas tienen aceptación, pero el contenido de Fe_2O_3 no es aceptado en más del 1%, en ninguna clase de arenas ya que es la más importante de las impurezas, ni aún en la industria cerámica tiene aceptación con cantidades mayores del 1%. Por lo que nuestra experimentación tendrá como finalidad principal bajar el contenido de Fe_2O_3 .

Determinación del tiempo de molienda.-

Se hicieron 3 moliendas con 1 kg. de mineral en cada molienda y tiempos de 15, 18, y 21 minutos en cada molienda, encontrando que la de 18 minutos nos da una molienda de 48 mallas, la cual tomaremos como constante para las siguientes pruebas.

En seguida se procedió a deslamar el mineral molido a 48 mallas, ya que estas lamas estarán constituidas principalmente por la limonita y el caolín, además que en la flotación nos interfieren, obteniéndose los siguientes resultados

	Arenas Lamas		Leyes %		Contenidos		Distrib. %	
	Arenas	Lamas	Arenas	Lamas	Arenas	Lamas	Arenas	Lamas
Peso%	82.2	17.8						
R.C.	1.22							
SiO_2			97.18	92.84	7983.3	1653.6	82.83	17.17
Al_2O_3			0.52	2.70	42.74	48.06	46.66	53.34
Fe			0.781	3.152	64.24	56.10	54.41	45.59
Na_2O	}	- - - -	0.100	0.544	10.85	9.33	51.67	48.33
K_2O								

Las arenas deslamadas se concentraron magneticamente en una máquina "Stearns" de laboratorio con intensidad de 3 amperes; obteniendose los siguientes resultados:

Producto	Peso %	Leyes	Contenidos	Distrib. %
		% Fe		
Magnético	1.5	16.162	24.24	35.20
No magnético	98.95	0.452	44.62	64.80

Una vez obtenido este producto con 0.452% de Fe, se procedió a efectuar una lixiviación con HCl comercial al 50%, dilución de 1:1 y tiempo de agitación de 24 hs., teniendo un consumo de HCl de 14.2 kg/ton y una ley de Fe en las arenas de 0.178%, lo cual corresponde a 0.242% de Fe_2O_3

Estas arenas ya tienen un valor comercial en la industria del vidrio, puesto que caen dentro de la 7a. clase, pero no tendría caso suspender nuestra experimentación ya -- que los principales costos de operación se tienen en la -- sección de molienda, en cambio con un ligero aumento en nuestros costos de operación se puede obtener una arena de mejor calidad.

El producto no-magnético, antes de lixiviar, se sometió a las siguientes pruebas de flotación.

1a. Prueba.- Flotación de cuarzo.

En esta prueba se flotó el cuarzo dejando en las cosas el hierro existente, aprovechando la propiedad de que los óxidos de Fe flotan en un PH completamente ácido (de 3 a 5) en tanto que el cuarzo flota en un PH básico (de 8 a 9), para esto es necesario limpiar perfectamente las

partículas de cuarzo, lo cual se hace con HF que se obtiene como a continuación se indica:

Reactivo	gr/ton	T. acond.	
NaF	1500	3 mins.	
H ₂ SO ₄	1800	7 mins.	PH de 2.9

Despues se deslamá y se lavó para eliminar la áidez ya que se tiene que subir el PH y se floto con los siguientes reactivos y en las siguientes condiciones:

El PH se elevó a 8.8 con 600gr de NaOH por ton. la -- proporción de sólidos en la pulpa fué de 33%, se uso solamente Armac-T en cantidad de 100 gr/ton y así se obtuvo un primer concentrado, despues se agregó otra cantidad igual de Armac-T, para obtener un segundo concentrado.

Los tiempos de flotación fueron de 3 minutos y el balance metalurgico es el siguiente:

Producto	Peso %	%Fe	Contenidos	Distribución%
1er. Conc.	50	0.198	9.90	21.80
2o. Conc.	38	0.214	8.63	19.00
Colas	12	2.240	26.88	59.20

2a. Prueba.- Flotación de cuarzo.

Esta prueba se efectuo en las mismas condiciones que la anterior, con la diferencia que en lugar de Armac-T se usó Duomac-T, obteniendose los siguientes resultados:

Producto	Peso %	Leyes	Contenidos	Distrib. %
		%Fe		
1er. Conc.	54	0.228	12.31	26.90
2o. Conc.	36	0.318	11.45	25.02
Colas	10	2.200	22.00	48.08

3a. Prueba.- Flotación de cuarzo.

Esta se efectuó deslamando al igual que en las anteriores, pero al flotar se usaron los siguientes reactivos:
600 gr de NaOH/ton, T. acond. de 5 minutos
400 gr/ton (2 partes de kerosena por una parte de Aeroamina-3035), T. acond. de 3 minutos.
75 gr/ton de aceite de pino, T. acond. de 3 minutos.
PH de 8.8
Tiempo de flotación de 5 minutos.

Los resultados de esta prueba se encuentran en el siguiente balance metalurgico.

<u>Producto</u>	<u>Peso%</u>	<u>%Fe</u>	<u>Contenidos</u>	<u>Distrib.%</u>
Concentrado	81.5	0.202	16.46	38.18
Colas	18.5	1.442	26.67	61.82

4a. Prueba.- Flotación de óxidos de hierro.

Con el mineral molido a 48 mallas, deslamado y separado el hierro magnético, se procedió a efectuar una flotación en las siguientes condiciones:
Sólidos en la pulpa, 33%

<u>Reactivo</u>	<u>gr/ton</u>	<u>Lugar</u>	<u>T. acond.</u>	<u>T. flot.</u>	<u>PH</u>
Fuel-Oil	600				
R-825	1200	Celda			
H ₂ SO ₄	2200		5 mins.	4 mins.	2.5

Obteniendo los siguientes resultados:

<u>Producto</u>	<u>Peso%</u>	<u>%Fe</u>	<u>Contenidos</u>	<u>Distribución %</u>
Concentrado	19.5	1.546	30.15	67.54
Colas	80.5	0.180	14.49	32.40

5a. Prueba.- Flotación de óxidos de fierro.

En las mismas condiciones anteriores con las siguientes variaciones.

Reactivos	gr/ton	Lugar	T. acond.	T. flot.	PH
Fuel-Oil	300				
R-801+R-825 2 partes x 1	600	Celda	5 mins.	4 mins.	2.5
H ₂ SO ₄	2200				

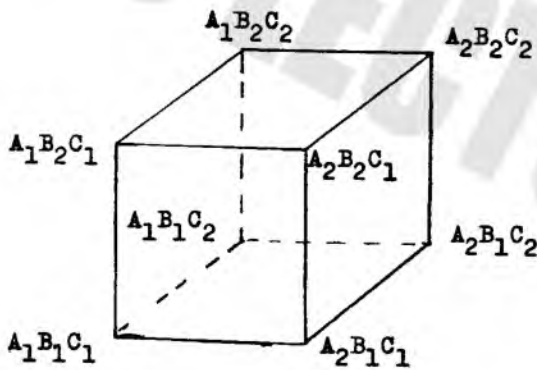
Obteniendose los siguientes resultados:

Producto	Peso%	%Fe	Contenidos	Distribución%
Concentrado	18.8	1.760	33.09	72.83
Colas	81.2	0.152	12.34	27.17

Como puede verse, esta última prueba es la que nos ha dado los mejores resultados, por lo que haremos una experimentación de este proceso de flotación estudiando las variables más importantes, es decir como influyen y cuanto vale su efecto, así como tambien determinaremos si existen interacciones entre estas variables y cuanto valen dichas interacciones, para esto usaremos un diseño experimental factorial. Este diseño consistirá en una serie de pruebas dandole valores a cada variable, así como usando el criterio que dentro de dichos valores esten los resultados óptimos.

Esté método de experimentación tiene muchas y muy grandes ventajas sobre el método clásico como demostraremos con el siguiente ejemplo.

a) Método clásico.- Supongamos que en el fenómeno a estudiar intervienen tres factores A, B, y C, cada uno de los cuales puede manifestarse según dos niveles distintos que distinguiremos mediante los subíndices 1 y 2. Los diferentes estados posibles de los tres factores pueden ser representados gráficamente mediante un cubo, de manera que sus caras paralelas correspondan a los niveles de cada uno de los tres factores. Cada vertice del cubo representa una combinación de los estados posibles de los factores A, B, y C.



Sea X el efecto que nos interesa estudiar en función de las variables individuales de los factores. Para ello se determinan los valores de X haciendo variar, cada vez, uno solo de los factores aquél cuya influencia quiere conocerse; en la representación gráfica esto consistirá en un desplazamiento a lo largo de una arista -- del cubo.

La influencia del factor A al pasar del nivel 1 al nivel 2 se medirá por la diferencia.

$$\Delta X_{A_2A_1} = X_{A_2B_1C_1} - X_{A_1B_1C_1}$$

y análogamente para los otros dos factores:

$$\Delta X_{B_2B_1} = X_{A_1B_2C_1} - X_{A_1B_1C_1} ; \Delta X_{C_2C_1} = X_{A_1B_1C_2} - X_{A_1B_1C_1}$$

Según el método clásico, para tener una visión completa del fenómeno serian necesarias cuatro mediciones; sin embargo, sería recomendable repetir al menos una vez las experiencias, para mayor seguridad y para eliminar los errores muy groseros. En total se realizarian, pues, 8 mediciones, 2 para cada uno de los 4 estados considerados.

En estas condiciones se conocerá la influencia de cada factor, cuando las otras permanecen constantes, pero no se sabrá si esta influencia es diferente en los niveles altos y los niveles bajos de las otras variables. Tampoco se tendrá ninguna información respecto a la influencia eventual de las interacciones, concepto, en realidad desconocido en la experimentación clásica.

b). Método factorial.- Utilizando la misma representación gráfica, el metodo factorial consiste en la realización de las experiencias conducentes a la medición de X en

los 8 estados, simbolizados por los 8 vertices del cubo. Una vez efectuadas estas mediciones, se determinará la influencia del factor A por la diferencia:

$$\Delta X_{A_2 A_1} = \frac{\frac{X_{A_2 B_1 C_1} + X_{A_2 B_2 C_1} + X_{A_2 B_1 C_2} + X_{A_2 B_2 C_2}}{4} - \frac{X_{A_1 B_1 C_1} + X_{A_1 B_1 C_2} + X_{A_1 B_2 C_1} + X_{A_1 B_2 C_2}}{4}}$$

o sea que el efecto debido a la variación de A se mide por la diferencia entre la media de los valores de X en el plano A_2 y la media de los valores de X en el plano A_1 . Bastará entonces comparar la variancia debida al factor A con la variancia residual, mediante la técnica del análisis de variancia para conocer el grado de significación del efecto observado.

De manera analoga se determinaría la influencia de factores B y C, utilizando las mismas mediciones de X, pero calculando las diferencias entre las medias de los planos B_2 y B_1 , y C_2 y C_1 .

Observese que con un número total de pruebas igual al que hemos supuesto, en el metodo clásico se tiene una precisión superior, ya que aqui los valores medios se calculan a partir de 4 mediciones en lugar de dos.

Pero la ventaja más importante del método factorial proviene de que con el es posible determinar los efectos de las interacciones, cuando existen; en efecto calculando los valores medios a cada una de las aristas paralelas a $A_1 A_2$ se podrán determinar separadamente las diferencias entre las dos superiores (B en el nivel B_2) y las dos inferiores (B en el nivel B_1) obteniendose así los efectos

de A en los dos niveles de B; comparando luego las dos diferencias mediante la variancia residual acostumbrada se verá si el efecto de la interacción de los factores A y B es significativo o no.

En resumen, el método factorial unido al análisis de la variancia permite, con el mismo número de mediciones - que en el método clásico, obtener, no solo una precisión mayor, si no también más información.

Motivos para usar un diseño factorial

Un experimento factorialmente diseñado, es un método sistemático de investigación el cual es mucho más eficiente en tiempo y costo que el método clásico que estudia las variables una por una.

En el diseño factorial, cada variable se evalúa en diversos niveles de todas las variables es decir, ve el proceso en forma completa, obteniéndose así más información con menos trabajo realizado.

Entre las principales ventajas de este tipo de diseño están:

a) La dificultad de hacer variar a voluntad solo una parte de los factores en la escala industrial, en tanto que en esta forma se pueden hacer variar todos los factores y se puede interpretar el resultado.

b) Se tiene información precisa de las interacciones concepto en realidad desconocido, en la experimentación clásica.

c) Se encuentran los factores responsables de la variación del sistema.

d) El costo de la información es reducido y se puede obtener mucha información acerca del proceso.

e) Es posible la determinación de la dirección y la cantidad de cambio, por medio de ecuaciones empíricas, - en las condiciones base para maximizar óminimizar una -- propiedad,

f) El diseño factorial puede ser aplicado a la producción controlando variables que pueden hacer que los - costos de producción resulten más baratos.

Determinación del tipo de diseño experimental

Las variables independientes que tenemos en nuestro proceso de flotación son: tamaño de las partículas, reactivos usados, concentración de sólidos y P.H.

El tamaño de las partículas lo consideraremos como constante a 48 mallas, debido a que las industrias vidrieras piden las arenas de cuarzo entre -20 a + 100 mallas por lo tanto nuestras variables a estudiar se reducen a cuatro, las cuales designaremos por una letra a cada una y son las siguientes:

A... por ciento de sólidos en la pulpa.

B... gr/ton de fuel-oil

C... gr/ton. de reactivo formado por 2 partes del 801, -
por una parte del 825.

D... P.H. (controlado en gr/ton de H_2SO_4).

El número de factores o variables que tenemos es de cuatro, cada una de las cuales se trabajará a dos niveles, obteniéndose por lo tanto un diseño 2^4 , o sea que necesitaremos efectuar 16 pruebas o tratamientos, para - tener nuestro diseño completo.

Aunque sacrificando un poco de información se puede disminuir el número de pruebas a la mitad del diseño 2^4 completo, o sea a 8 pruebas, esto se justifica ya que -

como es lógico las interacciones de orden superior son de pequeña importancia, dado el tiempo y el aspecto económico, además de que el objetivo no es explorar el campo experimental completamente, a este tipo de diseño se le llama diseño factorial fraccionado o bien réplica fraccionada.

El máximo número de predicciones que pueden hacerse en un diseño de este tipo será $(n-1)$, siendo "n" el número de tratamientos.

Las variables dependientes serán: eficiencia en la disminución de la ley de Fe, considerando la ley existente antes de tratar el mineral, esto es 0.452%, como el 100%, luego aquella prueba que nos de un producto de 0.226 % de Fe tendrá una eficiencia en la disminución de la ley de 50%, la cual es nuestra variable dependiente. La otra variable dependiente de gran importancia es la recuperación, que estará representada por el porcentaje de material procesado al total de la carga.

Los niveles a que vamos a estudiar nuestra variables los hemos escogido de acuerdo con la tecnología existente a este respecto y por la prueba que ya hemos realizado.

En la siguiente tabla tenemos las variables a los niveles alto y bajo a que se van a estudiar, estos niveles se encuentran sumandole o restandole al nivel base la unidad.

Factores estudiados	A	B	C	D
Nivel base	35	400	800	3
Unidad	10	200	300	1
Nivel alto	45	600	1100	4
Nivel bajo	25	200	500	2

Prueba	Orden	A	B	C	D
1	7	-	-	-	-
2	4	+	+	-	-
3	2	+	-	+	-
4	5	-	+	+	-
5	1	+	-	-	+
6	3	-	+	-	+
7	8	-	-	+	+
8	6	+	+	+	+

Este cuadro nos da la mitad del número máximo de combinaciones entre 4 factores a dos niveles, ya que el número máximo es de 16, los signos (+) nos expresan los niveles altos y los signos (-) los niveles bajos, cada línea horizontal nos representa una prueba y se usan signos para simplicidad de la representación, si sustituimos los signos por sus valores tendremos el siguiente cuadro.

Prueba	Orden	A	B	C	D
1	7	25	200	500	2
2	4	45	600	500	2
3	2	45	200	1100	2
4	5	25	600	1100	2
5	1	45	200	500	4
6	3	25	600	500	4
7	8	25	200	1100	4
8	6	45	600	1100	4

Para determinar el orden de las pruebas se tomo una tabla de números al azar, esto se hace para evitar conclu

siones falsas debido a un gran número de factores indeterminados e incluso desconocidos, que escapan a toda posibilidad de control, estos son por ejemplo; variación de la temperatura ambiente, variación de la calidad de los reactivos, desgaste del equipo, etc., para evitar falsas interpretaciones de su acción es conveniente realizar las pruebas al azar, para que así estos efectos no sean aditivos a medida que se desarrolla la experimentación.

Los resultados de nuestra experimentación fueron los siguientes: (y = eficiencia en la disminución de la ley de hierro).

A	B	C	D	y	
-	-	--	-	66.86	1
+	+	-	-	71.18	ab
+	-	+	-	79.10	ac
-	+	+	-	91.16	bc
+	-	-	+	63.48	ad
-	+	-	+	75.82	bd
-	-	+	+	81.64	cd
+	+	+	+	83.00	abcd

Análisis e interpretación de los resultados

Para su análisis es necesario emplear una notación --- semi-algébrica que facilita mucho la interpretación de las diferentes pruebas. Habiéndose acordado ya denominar cada - factor por una letra, ahora se usara para designar cada prueba las letras de los factores que se encuentran en su nivel alto, mientras que las letras que no aparezcan correspeponden a los factores en su nivel bajo, en las pruebas en que todos los factores están en su nivel bajo, la notación empleada es "1".

El efecto total del factor A, estará dado por la suma de los efectos en que aparezca dicho factor en su nivel al to menos la suma de los efectos en que aparezca dicho factor en su nivel bajo.

$$A = (abcd + ab + ac + ad) - (bc + bd + cd + 1)$$

En la misma forma para los efectos B, C, y D.

Las interacciones de primer orden, por ejemplo AB se determina también por la diferencia entre el efecto de A en el nivel alto de B y el efecto de A en el nivel bajo de B.

$$AB = (ab + abcd - bc - bd) - (ac - ad - 1 - cd)$$

Esto se vuelve un poco complicado y laborioso cuando se tienen más de 4 factores, afortunadamente existe un método sistemático para calcular los efectos e interacciones este fue desarrollado por F. Yates, por lo cual lleva su nombre.

Este método consiste en que una vez colocadas en orden estándar las respuestas a los tratamientos, se procede a sumar cada par de valores de las respuestas, constituyendo un nuevo valor que será colocado en una tabla que contenga la misma cantidad de renglones que el número de tratamientos efectuados.

De tal manera que de "n" renglones se obtienen $n/2$ valores nuevos; posteriormente esta operación se repita para la mitad restante con la salvedad de que en lugar de sumas se efectúan restas. Completando así los n valores de la columna.

Se trata cada columna resultante de igual forma que - la que le precedió hasta haber obtenido n columnas, en la última se tendrá el total del efecto de cada factor: el -

efecto solo se obtiene dividiendo el total entre 2^{n-1} .

Aplicando el método de Yates a nuestros resultados:

y			totales	efectos	
66.86	138.04	308.30	612.24	76.53	
71.18	170.26	303.94	30.08	3.76	B
79.10	139.30	16.38	57.56	7.20	C
91.16	164.64	13.70	-3.24	-0.41	BC; AD
63.48	4.32	32.22	-4.36	-0.55	D
75.82	12.06	25.34	-2.68	-0.34	AC; BD
81.64	12.34	7.74	-6.88	-0.86	AB; CD
83.00	1.36	-10.98	-18.72	-2.34	A

Como ya se había dicho antes, en nuestro diseño en - que solo tenemos 8 tratamientos, no se pueden obtener más que 7 informaciones de factores e interacciones que afectan nuestra experimentación. Si hubiéramos tenido nuestro diseño completo de 16 tratamientos, se podría obtener información de todos los factores que son; 4 debidos a las variables independientes, 6 debidos a las interacciones de primer orden, 4 debidos a las interacciones de segundo orden y 1 debido a la interacción de tercer orden.

En nuestro caso obtenemos; 4 efectos debidos a las - variables independientes y 3 debidos a las interacciones de primer orden, las cuales se encuentran confundidas como se indica en el cuadro anterior, realmente no es necesario analizar estas interacciones para determinar cual - de las dos es la causante del efecto, como se demostrará

A continuación tenemos la tabla de análisis de variancia, para saber que tan significativos son los datos - obtenidos

Origen de la variación	Efecto	Total	Variación	df	Variancia	Tabla de valores de "F"
A	18.72	43.93	1	43.93 ^{**}	F(1,3) _{0.05} =3.360	
B	30.08	113.10	1	113.10 ^{**}	F(1,3) _{0.01} =5.403	
C	57.56	414.14	1	414.14 ^{**}	F (error)	
AB; CD	6.88	5.92	1	5.92	Significativo*	
D	4.36	(2.37)			≥ 5.27	
AC; BD	2.88	(1.04)	3	1.57	Muy significativo ^{**}	
BC; AD	3.24	(1.30)			≥ 8.48	

Los valores que están entre parentesis son tan pequeños que los podemos considerar como una medida del error experimental y el error que podemos cometer al hacer esta consideración sería que nuestras conclusiones serán un poco conservadoras.

Los valores de "F" se tomaron de una tabla de valores de F para la prueba de Duncan, estos fueron tomados para 1 y 3 grados de libertad con 95 y 99% de confianza.

El grado de significación de nuestros datos estará dado al comparar cada variancia con el producto de F por el valor del error.

La variación y la varianciase calcularon de la siguiente forma:

$$\text{Variación} = \frac{(\text{efecto total})^2}{\text{número de pruebas}}$$

$$\text{Variancia} = \frac{\text{variación}}{\text{grados de libertad}}$$

df = grados de libertad

Los resultados obtenidos para nuestra segunda variable dependiente son los siguientes; (En donde y = por ciento - en peso de colas de flotación del peso de la carga).

A	B	C	D	y	Cálculos		Totales	
					Método	Yates		
-	-	-	-	85.8	169.0	349.0	691.2	
+	+	-	-	83.2	180.0	342.2	2.2	B
+	-	+	-	88.0	169.1	1.4	15.0	C
-	+	+	-	92.0	173.1	0.8	4.4	BC ; AD
+	-	-	+	83.8	-2.6	11.0	-6.8	D
-	+	-	+	85.3	4.0	4.0	-0.6	AC ; BD
-	-	+	+	86.9	1.5	6.6	-7.0	AB ; CD
+	+	+	+	86.2	0.7	-2.2	-8.8	A

Análisis de variancia

Origen de la variación	Efecto	Total	Variación	df	Variancia	Valores de F
A	8.8	9.68	1	9.68 ^{xx}	F(1,3) _{0.05} =3.36	
C	15.0	28.13	1	28.13 ^{xxx}	F(1,3) _{0.01} =5.403	
D	6.8	5.78	1	5.78 ^{xx}	F (error)	
CD; AB	7.0	6.13	1	6.13 ^{xx}	Significativo *	
B	2.2	(0.61)			≥3.46	
AC; BD	0.6	(0.05)	3	1.03	Muy significativo **	
AD; BC	4.4	(2.42)			≥5.56	

El análisis metalúrgico de la mejor prueba, tanto en recuperación como en eliminación de fierro, que fue la 4 - es al siguiente:

Producto	Peso%	%F _e	Contenidos	Distribución%
Concentrado	8.0	5.24	41.92	92.17
Colas	92.0	0.039	3.56	7.83

Las colas de esta flotación se lixiviaron con HCl comercial al 50%; dilución 1:1 y tiempo de agitación de 24hs obteniendo un consumo de ácido de 10.2 kg/ton y un producto lavado con agua destilada que nos dio el siguiente análisis.

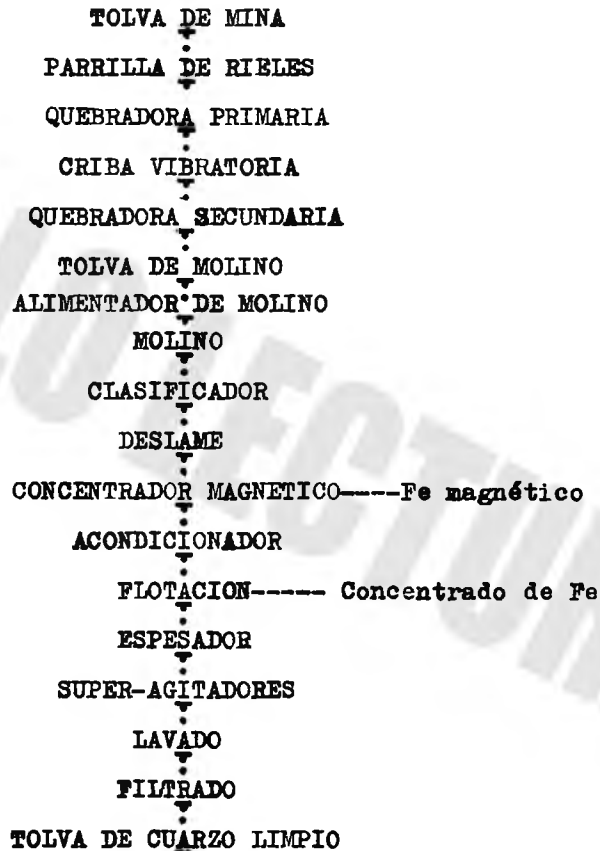
SiO ₂	.....	99.80%
Al ₂ O ₃	.....	0.10%
CaO	.....	0.08%
Fe ₂ O ₃	.....	0.022%
MgO	.....	indicios
K ₂ O	.....	indicios
Na ₂ O	.....	indicios

CAPITULO III

ANTEPROYECTO PARA LA INSTALACION DE UNA PLANTA
QUE SIGUIENDO EL TRATAMIENTO ESCOGIDO, PUEDA TRATAR
100 TONELADAS DIARIAS, DETERMINANDO EL COSTO DE
PRIMERA INVERSION.

SOLO LECTURA

El calculo del equipo necesario se basará en el siguiente diagrama de flujo:



Sección de trituración.

En plantas de pequeña capacidad como en nuestro caso - no es conveniente trabajar las 24 horas del día, debido a - que estas máquinas son las que están sujetas a mayor desgase y descomposturas y por lo tanto requieren diariamente de atención mecánica.

El hecho de que una máquina de trituración este trabajando eficientemente y pueda pararse sin pérdida de tiempo nos permite trabajar uno o dos turnos.

En nuestro caso tenemos 100 toneladas de capacidad, el factor que nos determinará si trabajamos uno o dos turnos - será el ahorro que se tiene en mano de obra y energía trabajando en un turno, puesto que un hombre puede vigilar una - máquina grande lo mismo que una pequeña y por lo tanto en - dos turnos se tendría el doble número de hombres, además se tendría menor consumo de fuerza.

Este criterio sólo es aplicable a plantas de capacidades hasta 400 toneladas, ya que en plantas grandes, en contra de estos ahorros en costos de operación tendríamos grandes cargos por concepto de depreciación y amortización.

Por lo tanto de estas consideraciones llegamos a la - conclusión de que lo más conveniente será trabajar un turno de 8 horas, tomando como trabajo efectivo 6 horas y dejando 2 horas para reparaciones.

Tolva de mina.

Esta no constituye de ninguna manera un órgano de almacenamiento, sino es un órgano regulador de la alimentación de las quebradoras, por lo tanto su capacidad deberá ser igual a la capacidad diaria de esta sección de trituración - que será mayor de 100 toneladas ya que sólo se trabajan 6 - días a la semana en esta sección.

Cálculo de la tolva de mina.

$$7 \times 100 = 700 \text{ ton/semána}$$

$$\frac{700}{6} = 116.7 \text{ ton/día}$$

El volumen que tendrá esta tolva será igual al volumen que ocupa un block de mineral de 116.7 ton., más los huecos que en la tolva nos formarán, este volumen de los huecos se estima en un 30% del volumen de las 116.7 ton. de mineral.

$$\text{Vol. tolva} = \text{Vol. mineral} + \text{Vol. huecos}$$

$$= \frac{\text{Peso min.}}{\text{dens.}} + 0.3 \frac{\text{Peso min.}}{\text{dens.}}$$

$$\underline{\text{Vol. tolva} = 57 \text{ m}^3}$$

Parrillá de rieles.

Tendrá como objeto separar el material que ya viene a tamaños iguales o menores del tamaño a que se va a llegar en la trituración primaria. Este tamaño en nuestro caso será de 2".

La trituración la vamos a llevar del producto que nos llega de la mina a 10", hasta 1/3" ; ya que la alimentación en los molinos es de 3/4" a 1/4", según la dureza del mineral.

Por lo tanto nuestras relaciones de trituración serán de 5:1 y de 6:1

Según Taggart la capacidad de una parrilla de rieles - esta dada por la siguiente fórmula: 125 ton/pie/día/1" abertura; pero la experiencia nos ha demostrado que una parrilla de rieles no debe tener una longitud menor de 5 pies y el ancho será igual a la boquilla de la tolva de mina y unas 4" más.

Esta se colocará con un ángulo de 50 a 60° y con una separación entre cada riel de 2".

Quebradora primaria.

Esta quebradora se encargará de triturarnos el mineral de 10" a 2" o sea que trabajará con una relación de trituración de 5:1, que esta dentro de los límites de trabajo eficiente de estas quebradoras.

Para capacidades pequeñas como en nuestro caso lo más conveniente será usar una quebradora de quijada.

Para el cálculo de la capacidad de esta quebradora se puede considerar que un 20% del mineral ya viene a 2" y por lo tanto su capacidad será la siguiente:

1 ton. métrica = 1.1 tons. cortas

Cap. de la sección de trituración = 116.7 ton. métricas

Cap. de la quebradora primaria = $\frac{116.7 \times 1.1 \times 0.8}{60 \text{ s.}}$ = 17.13 ton/h.

De los catálogos se escogió la siguiente quebradora ya que es la que mejor se adapta a nuestras condiciones.

Quebradora Denver de quijada, tipo H; abertura en plgs de 10 x 16. Capacidad de 20 ton/h; motor de 20 HP

Criba Vibratoria.

Esta tiene por objeto separar el mineral que ya se encuentra a tamaños de 1/3". La fórmula para calcular el área de esta criba es la siguiente:

$$A = \frac{116.7 \times 1.1 \times 24}{10 \times 6 \times 8.5} = 6.0 \text{ pies}^2$$

Ya que la fórmula general es ;A=8 a 15 ton/pie²/dia/abertura en mm., dependiendo el valor de 8 a 15 de la naturaleza del mineral. Para nuestro caso tomaremos el valor de 10.

Esto nos da el area teórica, pero la practica nos ha -
demostrado que es necesario tomar coeficientes de seguridad
de 200% a 1000%. En nuestro caso tomemos un coeficiente de
seguridad de 300%.

$$\underline{A = 6 \times 4 = 24 \text{ pies}^2}$$

En el catálogo Denver encotramos la siguiente criba:

Dimensiones de 3' x 8'; motor de 5 HP; la inclinación
de la criba será de 15 a 22°

Quebradora Secundaria.

Esta quebradora nos reducirá el tamaño del mineral de 2" a
1/3"; esto es, nos trabajará con una relación de triturac--
ción de 6:1, que esta dentro de los limites de eficiencia -
de trabajo de estas máquinas.

Para el cálculo de esta quebradora no consideraremos -
la cantidad de mineral que pasa por la criba vibratoria ya
que estas cribas son muy suceptibles de taparse y asi ten--
dremos un mejor coeficiente de seguridad que nos estará pro
tegiendo:

$$\underline{\frac{116.7 \times 1.1}{6}} = 21.4 \text{ ton. cortas/hora}$$

De los catalogos obtuvimos la siguiente quebradora que
mayor ventaja nos proporciona en todas sus aspectos.

Quebradora Giratoria Trylor, diametro cabezal de 8", -
capacidad 25 ton/hora, motor de 30 HP.

Tolva de molino.

Su función de esta tolva es tener un órgano de almace-
namiento ya que por ningún motivo debe faltar mineral por -
que el resto de la planta debe trabajar 24 horas al dia, por
lo tanto deberá tener por lo menos el doble de la capacidad
de la planta. Luego, el volumen de dicha tolva será igual al
volumen real ocupado por las 200 toneladas de mineral, más

los huecos formados, estos se estiman aproximadamente en un 40% del volumen real ocupado por las 200ton de mineral.

$$V = \frac{2 \times 100}{2.67} + 0.4 \frac{2 \times 100}{2.67}$$
$$\underline{V = 105 \text{ m}^3}$$

Molienda.- La molienda se hará de 1/3" a 48 mallas, procurando siempre evitar la menor cantidad posible de finos.

La alimentación de este molino se hará por medio de un alimentador de banda ya que es muy fácil de regular; esto se hace con el ancho de la banda y con la velocidad, lo cual es muy fácil de controlar:

Cálculo de este alimentador:

$$\frac{100 \times 1.1}{24} = 4.58 \text{ tons. cortas/hora}$$

Usaremos el siguiente alimentador del catálogo de la Denver:

Alimentador Denver de banda; 18" de ancho y con una capacidad de 5.2 ton/hora; motor de 1.5 HP.

Cálculo y elección del molino.

Para el cálculo de este molino aplicaremos la fórmula de Rittinger, aprovechando que conocemos datos experimentales de molienda, que nos dicen que en un molino de laboratorio de 8" x 7.5" para moler de 10 a 48 mallas tarda 18 mins.

$$\text{Ley de Rittinger; } \frac{E}{e} = \frac{D^{2.6} L}{d^{2.6} l}$$

En donde:

E = energía consumida por el molino industrial

e = energía consumida por el molino de laboratorio

D = diámetro del molino industrial
d = diámetro del molino de laboratorio
L = longitud del molino industrial
l = longitud del molino de laboratorio

Pero como las capacidades son directamente proporcionales al consumo de energía podemos substituir dichas energías por las capacidades quedando la fórmula como sigue:

$$\frac{C}{c} = \frac{D^{2.6}L}{d^{2.6}l}$$

La alimentación en el molino de laboratorio a 10 mallas equivale a considerar la alimentación en un molino industrial de 3/4" a 1/4". En la fórmula establecida despejaremos a $D^{2.6}L$ ya que los demás factores pueden determinarse fácilmente y después por tanteos encontrar los valores apropiados de D y L.

C = 100 ton/día; d = 8"; l = 7.5"; c = 0.08 ton/día

$$d^{2.6} = \left(\frac{8}{12}\right)^{2.6} = 0.355; d^{2.6}l = 0.210$$

Substituyendo estos valores en la fórmula de Rittinger

$$\frac{100}{0.08} = \frac{D^{2.6}L}{0.210}; D^{2.6}L = 262.5$$

El molino escogido tiene las siguientes características:

Tamaño del molino = 5' x 4' ; carga de bolas de 5000 libras; potencia del motor = 40 HP; peso del molino de -- 24000 libras.

Cálculo del clasificador.

El molino trabajará en circuito con su clasificador para retornar al molino partículas mayores de 48 mallas.

Le más conveniente será usar un clasificador Dorr de

-bido a que es lo más conveniente para este tamaño de partículas.

El clasificador siempre debe dejarse excedido en capacidad ya que es una de las máquinas más inciertas.

$$100 \times 1.1 = 110 \text{ ton cortas/día}$$

El clasificador deberá de ser Dorr-Simplex modelo C - con las siguientes características:

Capacidad del retorno = 250 ton/día; ancho 1'6", longitud 14'8", potencia del motor = 1.5 HP, Capacidad del derrame de 100 ton/día.

Ciclón.-

A continuación la pulpa pasará por un ciclón para eliminar las lamas, este ciclón deberá manejar la carga siguiente:

$$\begin{aligned} \text{sólidos} &= 100 \text{ ton}; \text{ agua} = 400 \text{ m}^3; \text{ sólidos} = 37.45 \text{ m}^3 \\ \text{pulpa} &= 437.45 \text{ m}^3/24 \text{ horas} = 5.06 \text{ lts/seg.} \end{aligned}$$

Esta capacidad nos la da un ciclón de 10"

La potencia necesaria para la bomba es:

$$\text{HP} = G \cdot d \cdot H / 76$$

En donde:

G = gasto en lts/seg.

d = densidad de la pulpa

H = altura en mts. a la que se va a elevar la carga.

Los valores son:

$$G = 5.06 \text{ lts/seg.}; d = 1.14; H = 20 \text{ mts.}$$

Substituyendo valores:

$$\text{HP} = 5.06 \times 20 \times 1.14 / 76 = 1.51$$

Suponiendo una eficiencia mecánica de 25%

se usará un motor de 6 HP.

Concentrador magnético en humedo

La pulpa que sale del ciclón pasará por un concentra-

-dor magnético, para eliminar el fierro de las quebradoras y del molino el cual no es eliminado en la flotación.

Para lo cual usaremos un concentrador magnético en húmedo de la casa Dings Magnetic Separation, de las siguientes características:

Capacidad de 6 ton/hora; ancho 36"; potencia del motor de 3 HP.

Cálculo del acondicionador para reactivos de flotación

Lamas = 17.80 %

Arenas = 82.20%

Arenas = $100 \times 0.822 = 82.2$ ton/24 horas

dilución 1:1

agua = 82.2 m^3

arena = $82.2/2.67 = 30.78 \text{ m}^3$

pulpa = 112.98 m^3

t. acond. de 5 minutos

Vol. acond. = $112.98 \times 5/1440 = 0.392 \text{ m}^3 = 13.82 \text{ pies}^3$

Acondicionador Denver, tanque de madera de las siguientes características:

Capacidad = 14.4 pies^3 ; tamaño 3'x 3'; diámetro 3'4"; potencia del motor de 1.5 HP.

Una vez que el mineral ha sido debidamente acondicionado pasa a las caldas de flotación.

Cálculo de las celdas de flotación

dilución; 25% sólidos; t. flot. = 4'

arenas = 82.2 ton/día; agua = $82.2 \times 3 = 246.60 \text{ m}^3$

arena = 30.78 m^3 ; pulpa = 277.38 m^3

Vol. de flot. = $277.38 \times 4 / 1440 = 0.781 \text{ m}^3$

Considerando un factor de seguridad de 50%

Vol. de flot. = $0.781 + 0.781 \times 0.5 = 1.172 \text{ m}^3$

$$\underline{\text{Vol. de flotación} = 41.7 \text{ pies}^3}$$

Usaremos un banco de celdas Denver " Sub-A", máquina No.18 Sp., tamaño 32" x 32", volumen 24 pies³, dos celdas potencia del motor 5 HP.

Cálculo del espesador para colas de flotación

Según prueba de flotación:

$$\text{Conc. Fe} = 8\%$$

$$\text{Colas} = \frac{92\%}{100\%}$$

$$\text{Colas} = 82.2 \times 0.92 = 75.63$$

$$A = 1.333(D_1 - D_2)/R; R = 2'/\text{hora}$$

$$A = 1.333(3-1)/2 = 1.333 \text{ pies}^2/\text{ton}/24 \text{ horas}$$

$$A_t = 1.333 \times 76 = 101.3 \text{ pies}^2/76 \text{ ton}/24 \text{ horas}$$

De acuerdo con esto usaremos un espesador Denver con tanque de madera de las siguientes características.

Diámetro exterior 12'; altura 8'; área de asentamiento 104.0 pies³; potencia del motor 1 HP.

Cálculo de los super-agitadores

Estos serán usados para proporcionar el lavado con ácido clorhídrico a las arenas.

$$t. \text{ agitación} = 24 \text{ horas}$$

$$\text{dilución } 1:1$$

$$\text{arena } 76 \text{ ton}/24 \text{ horas}$$

$$\text{HCl} = 10.2 \text{ kg}/\text{ton de arenas (de acuerdo con la experimentación)}$$

$$\text{HCl} = 10.2 \times 76 = 775 \text{ kg}/\text{dia} = 0.775 \text{ ton}/\text{dia}$$

$$\text{agua} = 76 + 0.775 = 75.225 \text{ m}^3$$

$$\text{arena} = 76/2.67 = 28.5 \text{ m}^3$$

$$\text{pulpa} = 104.5 \text{ m}^3/24 \text{ horas} = 3685 \text{ pies}^3/24 \text{ horas}$$

Por lo que usaremos dos super-agitadores Denver con tanque de madera de las siguientes características:

Capacidad 1996.0 pies³; diámetro 14'; alto 14'; potencia del motor 15 HP.

Para eliminar el ácido clorhídrico que tiene Fe, es necesario lavar las arenas, esto se hará mediante dos ciclones.

Cálculo de los ciclones

Esto ciclones deberán manejar la carga siguiente:

dilución 3:1

arena = 76 ton

agua = $76 \times 3 = 228 \text{ m}^3$

pulpa = $256.5 \text{ m}^3/24 \text{ horas}$

= 184 lts/min

= 3.08 lts/seg

Esta capacidad nos la da un ciclón de 8"

La bomba para cada ciclón es SRL 2" x 2", con una potencia de 5 HP.

Filtro de discos

Del segundo ciclón lavador, la pulpa saldrá con una dilución de 1:1 y pasará a éste filtro para reducir su humedad hasta 6 a 8%.

Los discos necesarios para el filtro son: partiendo del dato proporcionado por los fabricantes, de que pueden ser filtradas 400 lbs/pie²/24 horas, de mineral con las características del nuestro.

toneladas por filtrar = $76/24 \text{ horas}$

1 ton métrica = 2204.62 lbs.

76 ton. métricas = 167551.12 lbs.

Sup. necesaria = $167551.12/400 = 418.88 \text{ pies}^3/24 \text{ hs.}$

Por lo que usaremos un filtro de discos Denver de las siguientes características:

Número de discos 9; tamaño 6'; capacidad de 110 ton/d. area filtrante 450 pies²; potencia del motor de 3 HP.

Tolva para almacenar la arena filtrada

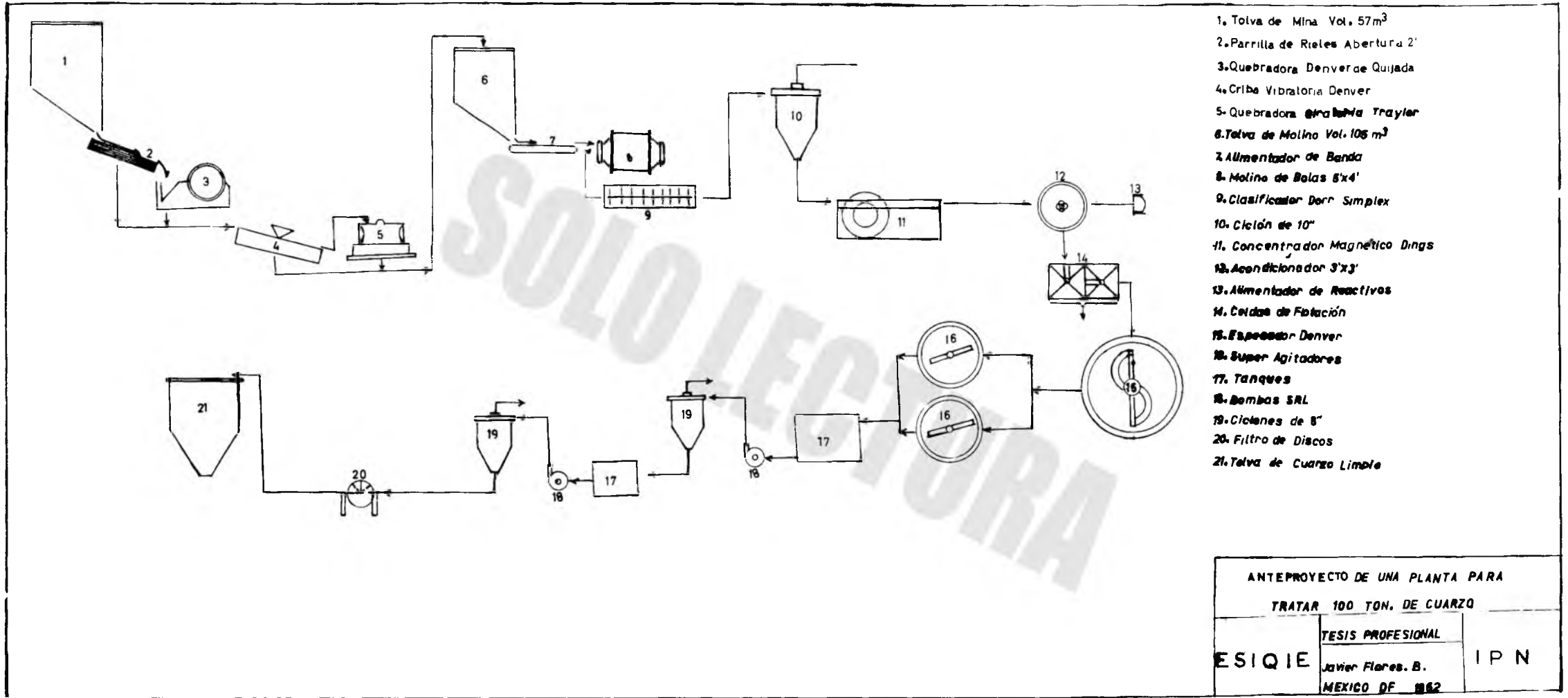
Deberá tener capacidad suficiente para almacenar la arena producida en 24 horas, o sea, capacidad para 76 ton bebiendo por lo tanto tener el volumen siguiente:

$$\text{Volumen de arena} = 76/2.67 = 28.5 \text{ m}^3$$

Los huecos se estimarán en un 40% del volumen de la arena

$$28.5 \times 0.40 = 11.40 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. tolva} = 28.5 + 11.4 = \underline{39.9 \text{ m}^3}$$



ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PARA TRATAR 100 TON. DE CUARZO		
ESIQIE	TESIS PROFESIONAL	IPN
	Javier Flores. B. MEXICO DF 1982	

DETERMINACION DEL COSTO DE PRIMERA INVERSION

Este comprenderá los siguientes costos:

- 1.-) Costo del equipo necesario para la instalación de la planta.
- 2.-) Costo de instalación del equipo y edificios.
- 3.-) Costo del terreno en que se va a instalar la -- planta.

1.- Costo del equipo necesario

1. Tolva de mina con volumen de 57 m ³	\$ 12 500.00
2. Parrilla de rieles de 4' x 5'	\$ 1 500.00
3. Quebradora Denver tipo H de 10" x 16" con motor de 20 HP	\$ 85 000.00
4. Criba vibratoria de 3' x 8' con motor de 5 HP	\$ 15 000.00
5.-Quebradora Giratoria Trylor, diám.- cabeza 1'-8", motor de 30 HP.	\$170 000.00
6.-Tolva de molino con volumen de 105 m ³	\$ 25 000.00
7.-Alimentador de banda de 18" de ancho y motor de 1.5 HP.	\$ 5 000.00
8.-Molino de bolas de 5' x 4' con motor de 40 HP.	\$192 000.00
9.-Clasificador Dorr Simplex, modelo C, ancho 1'6", longitud 14'8" y motor de 1.5 HP.	\$ 38 000.00
10. Concentrador magnético Dings de 36" de ancho y motor de 3 HP	\$ 85 000.00
11.-Ciclón de 10"	\$ 21.000.00
12.-Acondicionador, tanque de madera tamaño 3' x 3', motor de 1.5 HP.	\$ 12 500.00
13.- Alimentador de reactivos	\$ 4 500.00

14.- Dos celdas de flotación Denver "Dental" maquina No. 10 Sp. motor de 5 HP.	\$ 30 000.00
15.- Muestreador	\$ 6 000.00
16.- Espesador, tanque de madera, diám. ext. 12', altura 8', motor de 1 HP.	\$ 32 300.00
17.- Dos super agitadores, tanque de madera capacidad de 1996pies ³ , motor de 15 HP.	\$ 78 750.00
18.- Dos bombas SRL de 2" x 2".	\$ 24 580.00
19.- Dos ciclones de 8"	\$ 38 560.00
20.- Filtro de discos, 9 discos, tamaño 6', motor de 3 HP.	\$125 000.00
21.- Tolva para almacenar la arena de cuarzo filtrada con vol. de 40 m ³ .	\$ 11 000.00
<u>Total.....\$ 1 013 660.00</u>	

Costo de instalación del equipo y edificios.-

Este se estima en un 25% del costo del equipo

1 013 660 x 0.25 = \$ 253 415.00

Costo del terreno en que se va a instalar la planta.

Superficie de 10 000 m².....\$ 10 000.00

El total del costo de primera inversión será:

\$ 1 013 660.00
\$ 253 415.00
\$ 10 000.00
<u>\$ 1 277 075.00</u>

CAPITULO IV

CALCULO DE LAS UTILIDADES PROBABLES QUE

SE LOGREN CON LA OPERACION DE LA PLANTA

INDICADA

SOLO LECTURA

Para el desarrollo de este capítulo será necesario calcular los siguientes costos:

- 1.- Costo de mano de obra.
- 2.- Costo de fuerza.
- 3.- Costo de ractivos, refacciones y lubricantes.
- 4.- Costo de materia prima.
- 5.- Costo por concepto de amortización y depreciación.
- 6.- Costo de adminitración y mantenimiento.
- 7.- Costos indirectos generales.

1.- Costo de mano de obra.

<u>Sección</u>	<u>Sueldo/día</u>	<u>Costo/día</u>
Trituración		
Operador	\$ 20.00	\$ 20.00
Ayudante	15.00	<u>15.00</u>
		35.00
Molienda		
Jefe de turno	30.00	90.00
Molinero	25.00	<u>75.00</u>
		165.00
Flotación		
Reactivista	17.00	51.00
Celdero	25.00	<u>75.00</u>
		126.00
Lixiviación		
Tanquero	17.00	<u>51.00</u>
		51.00
Filtro		
Operador	17.00	<u>51.00</u>
		<u>TOTAL.....\$ 428.00</u>

$$\text{Costo/ton} = \frac{428 \times 360}{100 \times 320} = \underline{\underline{\$ 4.89}}$$

2.- Costo de Fuerza.

	HP	HPH/dia
Quebradora primaria	20.0	120.0
Criba vibratoria	5.0	30.0
Quebradora secundaria	30.0	180.0
Alimentador de banda	1.5	36.0
Molino	40.0	960.0
Clasificador	1.5	36.0
Conc. magnético	3.0	72.0
Ciclón de 10"	6.0	144.0
Acondicionador	1.5	36.0
Celdas de Flotación	5.0	120.0
Espesador	1.0	24.0
Super-agitadores	30.0	720.0
Ciclones de 8"	10.0	240.0
Filtro	3.0	72.0
Equipo accesorio	4.0	96.0
Alumbrado y calefacción	<u>4.0</u>	<u>96.0</u>
	165.5	3010.0

En el contrato de compra de energía se fijará como demanda máxima:

$$165.5 \times 0.746 = 124 \text{ KW}$$

El consumo de energía en la planta es de:

$$3010 \times 0.746 = 2245.46 \text{ KWH}$$

El costo de esta energía incluyendo tanto la demanda - máxima como el consumo es de \$ 0.20 KWH.

Por lo tanto el costo de energía por día será de:

$$2245.4 \times 0.20 = \$ 449.10$$

y el costo por tonelada es de:

$$\frac{449.10 \times 360}{100 \times 320} = \underline{\underline{\$ 5.05}}$$

3.- Costo de reactivos, refacciones y lubricantes.

<u>Reactivos</u>	<u>\$/kg</u>	<u>kg/ton</u>	<u>Costo \$/ton</u>
Fuel-Oil	0.80	0.600	0.48
R-825	6.75	0.733	4.95
R-801	7.00	0.367	2.56
H ₂ SO ₄	0.45	2.200	0.99
HCl	1.60	10.200	16.32
			<u>\$ 25.30</u>

Por concepto de refacciones y lubricantes, este costo se estima en un 15% del costo de fuerza, o sea que el costo unitario por este concepto será:

$$0.15 \times 5.05 = 0.76$$

y en total por concepto de reactivos, refacciones y lubricantes, el costo unitario es de:

$$0.76 + 25.30 = \underline{\underline{\$ 26.06}}$$

4.- Costo de materia prima.

La materia prima, o sea el mineral de cuarzo, para este tipo de explotación minera se estima en \$ 15.00 por tonelada y como la planta beneficiará 100 toneladas diarias el costo total de mineral de beneficio será de:

$$\underline{\underline{\text{Costo por tonelada} = \$ 15.00}}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo de materia prima anual} &= 15 \times 100 \times 320 = \\ &= \$ 480\,000.00 \end{aligned}$$

5.- Costo por concepto de amortización y depreciación.

Como se ha determinado en el capítulo anterior, el costo de primera inversión es de \$ 1 277 075.00

Se le considera una vida probable de 10 años al equipo y maquinaria, así como a las instalaciones y construcciones, con el objeto de determinar el costo unitario por este concepto.

De igual manera se ha aplicado el sistema al valor del terreno que se considera, que el area donde queda localiza da la planta no tendrá ninguna utilización después de terminadas las operaciones.

El valor real durante un año por este concepto será de:
 $0.10 \times 1\,277\,075.00 = \$ 127\,707.50$

El costo unitario por concepto de amortización y depreciación será de:

$$\frac{127\,707.50}{320 \times 100} = \underline{\underline{\$ 3.99}}$$

6.- Costo de administración y mantenimiento.

<u>Categoría</u>	<u>Sueldo/día</u>	<u>Costo/día</u>
Spte. unidad	\$ 180.00	\$ 180.00
Spte. molino	120.00	120.00
Contador	50.00	50.00
Cajero	40.00	40.00
Tomador de tiempo	25.00	25.00
Almacenista	25.00	25.00
Q. análista	50.00	50.00
Velador	20.00	20.00
Mecánico	35.00	35.00
Ayudante	15.00	15.00

Electricista	\$ 35.00	\$ 35.00
Ayudante	15.00	15.00
Albañil	25.00	25.00
Ayudante	15.00	15.00
Cuadrilla(4 peones)	15.00	<u>60.00</u>
		\$710.00

El costo unitario por administración y mantenimiento - será de:

$$\frac{710 \times 360}{100 \times 320} = \underline{\underline{\$ 7.98}}$$

7.- Costos indirectos generales.

Estos se estiman en un 50% del costo de mano de obra.

Costos generales anuales = $428 \times 360 \times 0.50$

$$= \$ 77\ 040.00$$

$$\text{Costos unitarios} = 4.81 \times 0.50 = \underline{\underline{\$ 2.41}}$$

Sumando los 7 costos unitarios anteriores tendremos el total de los costos unitarios.

1.-)	\$ 4.81
2.-)	5.05
3.-)	26.06
4.-)	15.00
5.-)	3.99
6.-)	7.98
7.-)	<u>2.41</u>
	<u>\$ 65.30</u>

Para calcular el costo por tonelada de concentrado ob-

-tenido es necesario considerar las recuperaciones a través del proceso.

Por lo tanto el costo de una tonelada de concentrado obtenido es de:

$$\frac{65.30}{0.822 \times 0.92} = \$ 86.37$$

El costo del flete por tonelada del lugar de la planta a esta ciudad es de \$ 75.00

Que sumada esta cantidad al costo anterior nos da un total de \$ 161.37

La cotización actual en las arenas de calidad óptima que se reciben en la "Fábrica Nacional de Vidrio", es de \$ 190.00 por tonelada, valor que tomaremos para nuestros cálculos ya que industrias que se dediquen a producir vidrio óptico en nuestro país prácticamente no existen.

Por lo tanto el superávit probable que se logre con la operación de esta planta por tonelada de concentrado será de 190.00

$$\begin{array}{r} 190.00 \\ -161.37 \\ \hline \$ 28.63 \end{array}$$

El superávit probable que se logre con la operación de esta planta por año será:

$$28.63 \times 76 \times 320 = \underline{\underline{\$ 696 281.60}}$$

Indudablemente que esta no es una cantidad fija, ya que los costos que hemos estimado, así como todas las estimaciones que se han hecho se tomaron en una forma bastante conservadora para tener mayor margen de seguridad en nuestras conclusiones.