

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO
FACULTAD METALURGIA ELECTROMECAÁNICA
MOA – HOLGUÍN

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Estudio sobre la unificación de bombas centrifugas en la Empresa Pedro Soto Alba

Diplomantes: Alberto Mendoza Sierra
José García Arce

Tutor: Ángel Columbié Navarro

Julio de 1988

“Año 30 de la Revolución”

TRABAJO
DE
DIPLOMA

Instituto Superior Minero Metalúrgico
Facultad Metalurgia Electromecánica

HOJA
NO. _____

DEDICATORIA.

A los logros de la Revolución Cubana y a su
35 Aniversario del Moncada.

AGRADECIMIENTO.

El presente reconocimiento va dirigido a todos - los que han contribuido a mi formación, así como la realización de este Trabajo de Diploma.

- Nuestro primer agradecimiento está dedicado - a la Revolución Cubana, ya que sin ella no hu- biera sido posible lograr la culminación de - nuestros estudios en un alto Centro Docente.
- Al colectivo de Profesores y la Dirección del Instituto Superior Minero Metalúrgico que con su trabajo constribuyeron a mi formación.
- A nuestro Tutor Ingeniero Angel Columbié N., - quien con su amor a la Enseñanza y su perseve- rancia en el trabajo, no sólo nos sirvió de tu- tor en este estudio, sino también de ejemplo, - impregnándonos el espíritu de lucha, tan indis- pensable en nuestra especialidad.
- A nuestros queridos padres que con su amor y - sacrificio han sabido inculcarnos hacia el es- tudio para de esta forma ser más útil a la Pa- tria.

A todos, muchas gracias

Autores: José A. García Arce

y

Alberto Mendoza Sierra

INDICE

<u>No.</u>	<u>Contenido</u>	<u>Página</u>
	Resumen	1
	Introducción	2
1	CAPITULO I - Generalidades.	4
1.1	Breve Descripción del Proceso Tecnológico de la E.C.P.S.A.	4
1.2	Características Generales del Sistema de Bombeo.	12
1.3	Sistema de Mantenimiento.	24
1.4	Selección de Bombas Centrífugas.	32
2	CAPITULO II - Desarrollo.	36
2.1	Recopilación de Datos Industriales.	36
2.2	Procesamiento Estadísticos de los Datos.	37
2.3	Unificación de las Bombas Centrífugas.	45
3	CAPITULO III- Cálculo Económico.	48
3.1	Comparación de las Variantes de Instalación de las Unidades de Bombeo.	48
3.2	Resultados Económicos.	49
4	CAPITULO IV- Conclusiones y Recomendaciones.	52
4.1	Conclusiones y Recomendaciones.	52
4.2	Bibliografía.	54
4.3	Anexos.	

Resumen.

En el presente trabajo se efectuó un análisis para la "Unificación de las Bombas Centrífugas" instaladas en la Empresa "Cmdte. Pedro - Sotto Alba" a través de un procesamiento estadístico con una serie de datos industriales - de las mismas, los cuales fueron recopilados para un período de 7 años.

Se proponen varias variantes de instalación y sustitución de unidades de bombeo, seleccionándose la variante optima de la instalación para cada caso analizado, con sus respectivas ventajas económicas, desde el punto de vista del ahorro de divisas, como de la disminución de los tipos y procedencias de las bombas seleccionadas.

Se obtiene un funcional por el cual se puede determinar a través de los parámetros caudal y altura de las bombas, los gastos en que incurren las mismas u otras del mismo tipo que se instale, en salario, mantenimiento, inversiones capitales, así como el costo de adquisición de una bomba similar a la ya instalada.

INTRODUCCION.

La Revolución Cubana se ha estado desarrollando económicamente a base del sacrificio y el esfuerzo de todo el pueblo bajo condiciones difíciles y en constante bloqueo económico por parte de los países capitalistas y en lo fundamental, los Estados Unidos. El nivel de desarrollo adquirido hoy en día, ha sido gracias a los esfuerzos y a la ayuda desinteresada de los países socialistas y en especial de la Unión Soviética, donde a través del CAME, nuestras industrias se desarrollan de forma ascendente.

En estos últimos años nuestra Revolución se ha planteado muchas tareas entre las que se encuentran el caso más racional de los recursos materiales, humanos y financieros.

En este período nos hemos visto obligados a obtener recursos a precios muy altos debido a que nuestras industrias no están en condiciones de producirlos, y en muchas ocasiones no se pueden obtener a través de los países socialistas.

Por ejemplo en la Empresa "Comandante Pedro Sotillo Alba"; cuya tecnología de fabricación es netamente capitalista, el estado ha invertido grandes recursos en la adquisición de sus equipamientos, así como sus piezas de repuestos. Por lo que se hace necesario un estudio profundo de la tecnología de la Empresa, con el objetivo de sustituir dichos equipos por otros de las mismas características y de fácil adquisi-

ción, ya sea en área capitalista o fundamentalmente en los países socialistas, así como la posibilidad de construcción, restauración y fabricación de las piezas de repuestos en Cuba.

Por esta razón el presente trabajo tiene como objetivo principal seleccionar unas series de bombas centrífugas que cumplan con las mismas condiciones de explotación que las instaladas en la Empresa, cuya selección está dirigida a disminuir el número de países de procedencia, así como el tipo y marca de estas bombas.

1.1 DESCRIPCION DEL PROCESO TECNOLOGICO DE LA
EMPRESA "CMDTE. PEDRO SOTTO ALBA".

La Tecnología de esta Empresa se basa en el proceso de Lixiviación bajo condiciones de presión y temperatura de la laterítica niquelífera a partir del ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 98%.

El proceso de Lixiviación del Mineral consiste en disolver el Níquel (Ni) y el Cobalto (Co) en forma de sulfatos (SO_2), (estos se encuentran en forma de óxidos), mediante un reactivo químico que en este caso es ácido sulfúrico (H_2SO_4), al 98%.

Como el Mineral Laterítico, además de Níquel (Ni) y Cobalto (Co) es también rico en Hierro (Fe); Cromo (Cr); Aluminio (Al); Magnesio (Mg); etc., la acción del ácido provoca la disolución en pequeñas proporciones de muchos de ellos, que forman el producto de Lixiviación (licor producto).

En el proceso general de la fábrica intervienen las plantas que dan tratamiento directo al mineral y las que producen - - ciertas materias primas.

Cada una de estas Secciones o Plantas tienen diferentes funciones específicas, que según el flujo de producción se describen como:

1.- Planta de Preparación de Pulpa.

Es donde se comienza el proceso Industrial del Mineral Laterítico, produ--

ciéndose una pulpa acuosa de 28 a 30 % de sólido y/o 584 mm de diámetro de las partículas. Este producto pasa a la planta de Es pesadores de Pulpas.

El equipamiento de esta planta las forman dos trenes de producción cuyos equipos son: Diferentes tipos de Cribas, alimentadores, bombas, un triturador de quijada y un compresor de aire.

2.- Espesadores de Pulpas:

En esta planta se espesa la pulpa en 3 sedimentadores para el posterior abastecimiento a la planta de Lixiviación. Se obtiene como producto una pulpa de mineral laterítico de un 47 % de sólido aproximadamente.

El Equipamiento de esta Planta lo forman 3 trenes de producción cuyos equipos fundamentales son mecánicos: Rastrillos de los tanques sedimentadores o espesadores, bombas y compresores que toman Energía Eléctrica de una subestación de dos transformadores.

3.- Planta de Lixiviación.

En esta planta comienza el proceso metalúrgico del Mineral Laterítico después del tratamiento físico-mecánico recibido en preparación y espesadores de pulpa.

Se efectua la disolución de los óxidos de Níquel y Cobalto, en forma de sulfatos, a través de un reactivo, conocido con el nombre de ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 98 % de concentración. En otras palabras el Níquel-

y el Cobalto se separan de los demás elementos que componen el mineral, ayudados por - la acción de condiciones apropiadas de ope- ración como son: Presión, temperatura, PH - (Acido libre).

El equipamiento tecnológico de la planta es tá compuesto por cuatro unidades o trenes - de producción que trabajan independiemente con el mismo fin, tanques Precalentado-- res y de almacenaje, bombas centrifugas y - reciprocantes y compresores de aire.

El producto obtenido de la lixiviación es - una pulpa lixiviada que contiene sulfato de Níquel y Cobalto, el cual es enviado a la - planta de Lavaderos.

4.- Planta de Lavaderos:

Los sulfatos de Níquel y Cobalto obtenidos- en la lixiviación llegan a esta planta uni- do a una pulpa de ácido sulfúrico y demás - elementos integrantes del Mineral Lateríti- co.

Esta pulpa acuosa se somete a un lavado con tracorriente por descantación en que parti- cipan 7 tanques sedimentadores en los cua-- les se llevan a cabo las operaciones ayuda- das por bombas centrifugas que extraen el - sólido de un tanque y lo alimentan en el re boso de otro de forma sucesiva.

El equipamiento de esta planta está compues- to por tanques de lavado, bombas centrfu-- gas para flujo inferior, reboso y cola.

5.- Planta de Neutralización:

A esta planta llega el licor crudo, bombeado desde los tanques 1 y 2 de lavaderos. El grado de acidez de este licor oscila entre 1,4- y 1,5 es considerablemente ácido.

Precisamente la neutralización consiste en bajar este grado de acidez, para ello se le añade al licor una sustancia básica; el carbonato de calcio, que al reaccionar en un sistema de 4 reactores, el PH queda entre 2,4 y 2,6 que es el ideal para que precipiten los sulfatos de Níquel y Cobalto en los autoclaves de sulfuros. Esta reacción se completa en caso de que se trabaje con menos de cuatro reactores, con dos sedimentadores encargados de aumentar el tiempo de retención del licor en el sistema.

El equipamiento tecnológico está compuesto por el sistema de reactores, bombas centrifugas y reciprocantes, dos sedimentadores, 2 tanques de almacenaje de coral y 2 de almacenaje de licor.

6.- Precipitación de Sulfuros.

La planta de precipitación de sulfuros, última en la cadena que forman las plantas del proceso metalúrgico, es también un ejemplo clásico de tratamiento químico bajo severas condiciones de operación.

Los sulfuros se obtienen por la precipitación en condiciones apropiadas de temperatura, presión y concentración del ácido sulfhídrico en los autoclaves de los sulfatos de Níquel y Cobalto, constituyentes éstos del

licor producto proviniendo de la planta de -
Neutralización.

El equipamiento tecnológico está compuesto -
por 4 unidades o trenes de producción, bom--
bas centrifugas y reciprocantes, compresores
alternativos, tanques sedimentadores y de al
macenaje de sulfuros.

Además de las plantas que forman la cadena -
productiva, existen 7 plantas auxiliares, -
las cuales tienen diferentes funciones espe-
cíficas que a continuación se describen:

Planta Eléctrica:

La finalidad de esta planta es producir ener-
gía eléctrica y vapor de agua para suminis--
strarlos a la producción. El Vapor de Agua es
distribuido de la siguiente forma:

4481.59 kPa De presión para Lixivia-
ción.

1034.21 kPa De presión para el servi-
cio interno de la planta
(vapor de atomizado para los quemadores de -
petróleo en las calderas, para las turbinas-
auxiliares y de aceite de los turbogenerado-
res; en las turbinas de petróleo de las cal-
deras, en los eyectores y sellaje de los tur-
bogeneradores y en los calentadores de petro-
leo, en los tanques de almacenaje.

586 kPa De presión para la plan-
ta de H_2S y derretimien-
to de azufre.

103 kPa De presión para precipita--
ción de sulfuros y ácido -
sulfúrico.

Aire comprimido y secado para los instrumentos
de todas las plantas.

Planta de Agua "A":

La finalidad de esta planta, es la de tratar -
el agua que se utiliza en las diversas opera--
ciones de la industria, así como para enfria--
miento, a partir del hidróxido de calcio y alu--
minato de sodio o también sulfato de aluminio.

Planta de Agua "B":

La finalidad de esta planta es la de tratar y
crear el agua desmineralizada, la cual será -
utilizada en las calderas de planta Eléctrica-
y las de ácido, así como en los enfriadores de
Mineral de lixiviación y como agua de hidroli-
zación, para la producción de ácido sulfúrico.

Planta de Hidrogeno:

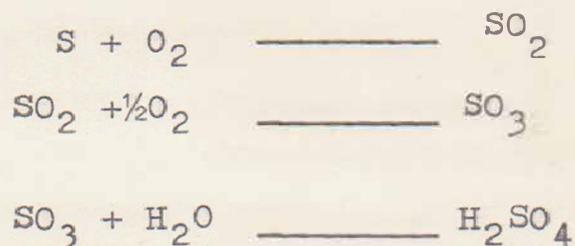
El fin productivo de esta planta es el de pro-
ducir hidrogeno de 98 % de pureza, a partir de
la mezcla L.P.G. (propano-butano), para la ob-
tención de ácido sulfhídrico (H_2S).

Planta de Acido Sulfhídrico:

Esta Planta, netamente química, tiene la fun--
ción de combinar el azufre líquido con el hi--
drógeno gaseoso y forman un nuevo gas: el áci-
do sulfhídrico; nombrado don la formula global
 H_2S .

Planta de Acido Sulfúrico:

El objetivo fundamental de esta planta es la de producir ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 98 % de pureza a partir del azufre. En el proceso ocurren las siguientes reacciones químicas que expresan la forma de obtención del Acido:

Planta de Secado y Azufre:

La finalidad de esta planta es recibir los sulfuros de Níquel y Cobalto y secarlos de un 76 a 80 % de sólido para su embarque a otros países, en contenedores o recipientes especializados para ese fin.

Existe un área para el derretimiento del azufre con vapor de 586 kPa de presión, almacenamiento y bombearlo a las plantas de ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ácido sulfhídrico (H_2S) clasificado en refinado y brillante respectivamente.

Planta de Coral:

La finalidad de esta planta es procesar el Coral extraído de los fondos marinos, para ser usados en la neutralización de los sulfatos de Níquel más Cobalto.

Este proceso consiste en la separación del coral de las impurezas, así como reducir, mediante lavados con agua la concentración de sal (Na Cl) y formar en los sedimentadores una pulpa - de aproximadamente 45 % de sólido.

1.2 Características generales de los Sistemas de bombeo.

Una vez descrito de forma general el proceso tecnológico de la empresa, procedemos a una explicación detallada de los Sistemas de bombeo en las plantas en las cuales realizamos nuestro trabajo de Diploma.

Este trabajo lo realizamos en 7 plantas del proceso productivo, de las cuales 5 de ellas intervienen directamente en el proceso y 2 son auxiliares, o sea, productora de materias primas.

En dependencia del flujo a manipular, agrupamos el sistema de bombeo en dos grandes conjuntos, los cuales son:

- 1.- Bombas para agua (7 unidades de bombeo, - compuesta por 23 bombas).
- 2.- Bombas para licor y pulpa (7 unidades de bombeo, compuesta por 24 bombas).

La distribución por planta de las bombas analizadas se observa en la tabla 1.1.

En general, entre los dos grupos de bombas - existen un total de 14 Unidades de bombeo, - que incluyen 47 bombas centrífugas horizontales y verticales de marcas y procedencias diversas. (Ver tabla 1.2).

Tabla 1.1.

Bombas para Agua:

No.	Planta	Nomenclatura y descrip. de las - bombas.			
1-	Preparación de Pulpas.	114-Pu-5A	Bomba de Agua	Retorno.	
		114-Pu-5B	" "	" "	" "
		114-Pu-6A	" "	" "	" "
		114-Pu-6B	" "	" "	" "
		114-Pu-6C	" "	" "	" "
2-	Espesadores de Pulpas.	114-Pu-1A	Bomba de Agua	Reboso.	
		114-Pu-1B	" "	" "	" "
		114-Pu-1C	" "	" "	" "
		114-Pu-4A	Bomba de Agua	Dilución	
		114-Pu-4B	" "	" "	" "
		114-Pu-4C	" "	" "	" "
		114-Pu-4D	" "	" "	" "
		114-Pu-4E	" "	" "	" "
3-	Coral	264-Pu-1	Bomba de Agua	Reboso.	
4-	Sulfuros	194-Pu-12A	Bomba de Agua	Sello.	
		194-Pu-12B	" "	" "	" "
5-	Hidrógeno	281-Pu-1A	Bomba de Agua	T. Enfria.	
		281-Pu-1B	" "	" "	" "
		281-Pu-1C	" "	" "	" "

Tabla 1.1 (Continuación)

Bombas para Licor y Pulpas.

No. Planta Nomenclatura y descrip. de las bom
bas.

1-

Espesadores de Pulpas.	114-Pu-3A	Bomba de Recirculación.
	114-Pu-3B	" " "
	114-Pu-3C	" " "
	114-Pu-3D	" " "
	114-Pu-3E	" " "
	114-Pu-3F	" " "
	114-Pu-6	Bomba Alimentación de - Pulpa.
114-Pu-6A	" " "	

2-

Neutralización	174-Pu-1A	Bomba de Licor Crudo
	174-Pu-1B	" " " "
	174-Pu-1C	" " " "
	174-Pu-3A	Bomba de Yeso
	174-Pu-3B	" " "
	174-Pu-3C	" " "
	174-Pu-4A	Bomba de Licor Producto
	174-Pu-4B	" " " "
	174-Pu-4C	" " " "

3-

Coral	264-Pu-7	Bomba de Coral
-------	----------	----------------

4-

Sulfuros	194-Pu-1	Bomba de Licor
	194-Pu-2	" " "
	194-Pu-3	" " "
	194-Pu-4	" " "

Tabla 1.2.

<u>Marcas de las Bombas</u>		<u>Procedencia</u>
Ingersol Rand	-----	U.S.A.
Hazleton	-----	U.S.A.
Allischalmers	-----	U.S.A.
Denver	-----	U.S.A.
Durco	-----	U.S.A.
Serlachius	-----	Finlandia
Cerpelli	-----	Italia
200 - 36	-----	U.R.S.S.

1.2.1 Planta Preparación de Pulpas:

En esta planta de proceso existe una unidad de bombeo formada por 5 bombas las cuales - tienen la finalidad de aumentar la presión - del agua hasta 343.232 kPa, procedente de - Espesadores de Pulpas para disolver el material laterítico y formar una pulpa acuosa - de 25 a 30 % de sólido.

Esta unidad de bombeo presenta los siguientes parámetros de trabajo:

- Caudal: 277 M³/h.
- Altura: 343.232 kPa
- Potencia: 44.742 kW
- Velocidad: 1760 R/Min.

Estas bombas son de procedencia norteamericana, marca Ingersol - Rand, centrifugas - horizontales, de doble aspiración, se encuentran en explotación desde el año 1959, valoradas a un costo inicial de \$ 5854.00.

El ciclo de reparaciones Capitales es cada - 6 años y un presupuesto asignado de - - - - \$ 5219.00.

Espesadores de Pulpas:

En esta planta de proceso existen 4 unidades de bombeo formada por 16 bombas, las - cuales tienen diferentes funciones y parámetros de explotación, que a continuación se describen:

114-Pu- 1A,B,C; Bombas para Agua de Reboso:

Son las encargadas de succionar el agua de reboso de los sedimentadores y enviarla a la planta de preparación de pulpas para su posterior utilización.

Esta unidad de bombeo presenta los siguientes parámetros de trabajo.

- Caudal: 624 M³/h
- Altura: 2092.349 kPa
- Potencia: 600 kW
- Velocidad 770 R/Min.

Estas bombas son de procedencia norteamericana, marca Hazleton, centrífugas horizontales, compelentes de simple aspiración dispuesto de forma paralela.

Se encuentra en explotación desde 1959 a un costo inicial de \$ 13205.00. El ciclo de reparaciones capitales cada 8 años y un presupuesto de \$ 12500.00.

114-Pu- 3A,B,C,E,F; Bombas de Flujo Inferior:

Su función es succionar la pulpa espesada de los sedimentadores y enviarla a la planta de lixiviación, además la pueden recircular entre los tanques por medio de la caja distribuidora.

Esta unidad presenta los siguientes parámetros de trabajo.

- Caudal: 136 M³/h
- Altura: 194.289 kPa
- Potencia: 55 kW
- Velocidad 650 R/Min.

Estas bombas son de procedencia norteamericana, - marca Denver, centrífugas horizontales, de simple aspiración, se encuentran en explotación desde 1959, valoradas a un costo inicial de --- \$ 3634.00. El ciclo de reparaciones Capitales es cada 6 años y un presupuesto asignado de \$3021.06

114-Pu- 4A,B,C,D,E; Bombas para el Agua de dilución.

Estas bombas succionan el agua de la línea de reboso de los sedimentadores para controlar cualquier sobrecarga de los mecanismos, mediante la dilución del porcentaje de sólido en el cono de los sedimentadores.

También son utilizadas para alimentar con agua - el sello de las bombas de flujo inferior.

Esta unidad de bombeo presenta los siguientes parámetros de trabajo:

- Caudal: 226 M³/h
- Altura: 343.232 kPa
- Potencia: 37 kW
- Velocidad: 1750 R/Min.

Son de procedencia soviéticas, marca 200.36, -
centrífugas horizontales, de doble aspiración, -
se encuentra en explotación desde 1981, valora--
das a un costo inicial de \$ 5854.00.

El ciclo de reparaciones capitales es cada 6 --
años y un presupuesto asignado de \$ 1419.00.

114-Pu-6,6A; Bombas reforzadoras de Pulpa espesa
da:

Este sistema de bombeo realiza una función auxi-
liar, es decir, para aumentar la presión en la -
línea conductora de pulpa, cuando ésta presenta-
algún tipo de obstrucción o tupición.

Esta unidad de bombeo presenta los siguientes pa-
rámetros de trabajo:

- Caudal: 136 M³/h
- Altura: 194.289 kPa
- Potencia: 55 kW
- Velocidad 650 R/Min.

Estas bombas son de procedencia norteamericana, -
marca Denver, centrífugas horizontales, de sim--
ple operación, se encuentra en operaciones desde
1959, valoradas a un costo inicial de \$ 3634.00.
El ciclo de reparaciones capitales es cada 6 -
años y un presupuesto asignado de \$ 2002.14.

Planta de Neutralización:

En esta planta de proceso existen 3 unidades de
bombeo formada por 11 bombas, las cuales tienen
diferentes funciones y parámetros de explota---
ción, que a continuación se describen:

174-Pu- 1A,B,C; Bombas de Licor Crudo:

Son las encargadas de succionar el licor crudo -
del tanque No.7 y alimentarlo al reactor No.2 -
del sistema.

Esta unidad presenta los siguientes parámetros de
trabajo:

- Caudal: 352 M³/h
- Altura: 239.125 kPa
- Potencia: 29 kW
- Velocidad: 1750 R/Min.

Estas bombas son de procedencia norteamericana, -
marca Durco, centrífugas horizontales y de sim--
ple aspiración, se encuentra en explotación desde
1959, valorada a un costo inicial de \$ 6388.02.

El ciclo de reparaciones capitales es cada 4 años
y un presupuesto asignado de \$ 5239.94.

174-Pu- 3A,B,C Bombas de Yeso:

Su función es succionar el yeso del fondo de los-
sedimentadores y bombearlo a la caja distribuido-
ra para formar la recirculación en el sistema.

Esta unidad presenta los siguientes parámetros de
trabajo:

- Caudal: 147 M³/h
- Altura: 107.873 kPa
- Potencia: 17 kW
- Velocidad 1770 R/Min.

Estas bombas son de procedencia finlandesa, marca L.P.K., centrifugas horizontales, de simple succión, se encuentra en explotación desde 1983, valorada a un costo inicial de \$ 10 225.6.

El ciclo de reparaciones capitales es cada 6 años y a un presupuesto de \$ 2282.23.

174-Pu- 4A,B,C,D; Bombas de Licor Producto:

Su función es succionar el licor del reboso de los sedimentadores y enviarlo al precalentador de licor de la planta de lixiviación para aumentar su temperatura hasta 355 °k.

Esta Unidad presenta los siguientes parámetros de trabajo.

- Caudal:	408	M ³ /h
- Altura:	239.125	kPa
- Potencia:	37	kW
- Velocidad:	1750	R/Min.

Estas bombas son de procedencia norteamericana, marca Durco, centrifugas horizontales, de simple succión, se encuentran en operaciones desde 1959; valoradas a un costo inicial de \$6388.22.

El ciclo de reparaciones capitales cada 4 años y un presupuesto de \$ 5239.94.

Planta de Coral:

En esta planta existen 2 unidades de bombeo compuesta por 2 bombas, las cuales tienen diferentes funciones y parámetros de explotación, que a continuación se describen:

264-Pu-1; Bomba de Agua Reboso:

Es la encargada de succionar el agua de reboso - de los tanques espesadores y enbirla a la torre de coral para su utilización en el proceso.

Esta unidad presenta los siguientes parámetros - de trabajo:

- Caudal: 454 M³/h
- Altura: 448.3605 kPa
- Potencia: 74 kW
- Velocidad: 1750 R/Min.

Esta bomba es de procedencia norteamericana, marca Ingersol Rand, centrífuga horizontal de doble aspiración, se encuentra en explotación desde - 1959, valorada a un costo inicial de \$ 3386.00. El ciclo de reparaciones capitales es de cada 8 años y a un presupuesto asignado de \$ 2516.00.

264-Pu-7; Bomba de Alimentación a Espesadores:

Su función es succionar la pulpa de coral producida en la torre y transportarla a los espesadores con un sólido de 25 - 30 %, aproximadamente - y la arena inferior al 10 %.

Algunos de los parámetros de trabajo son:

- Caudal: 147 M³/h
- Altura: 107.873 kPa
- Potencia: 37 kW
- Velocidad: 1750 R/Min.

Esta bomba es de procedencia finlandesa, marca - L.P.K., centrífuga horizontal, de simple succión, se encuentra en explotación desde 1982, valorada a un costo inicial de \$ 10300.00. El ciclo de reparaciones capitales es cada 8 años y a un presupuesto asignado de \$ 2663.40.

Planta Precipitación de Sulfuros:

En esta planta existen 2 unidades de bombeo, formada por 6 bombas, las cuales tienen diferentes-funciones y parámetros de explotación, que a continuación se describen:

194-Pu- 1,2,3,4; Bombas de Licor:

Su función es succionar el licor producto, procedente de los calentadores a una temperatura de - 391 °k, para inyectarlo al compartimiento "C" - del autoclave.

Esta unidad presenta los siguientes parámetros - de trabajo:

- Caudal:	265	M ³ /h
- Altura:	1265.057	kPa
- Potencia:	177	kW
- Velocidad:	3550	R/Min.

Estas bombas son de procedencia italiana, marca- CerPELLI, centrifugas horizontales, de doble aspiración, se encuentran en explotación desde -- 1983, valoradas a un costo inicial de \$ 39000.00.

El ciclo de reparaciones capitales es cada 1,8 - años y un presupuesto asignado de \$ 7913.00.

194-Pu-12,A,B Bombas Agua de Sello:

Tienen la función de alimentar agua de 1241 a - 1310 kPa de presión, al sello de los agitadores de los autoclaves.

Esta unidad presenta los siguientes parámetros de trabajo:

- Caudal: 6.8 M³/h
- Altura: 8629.852 kPa
- Potencia: 17 kW
- Velocidad: 3600 R/Min.

Estas bombas son de procedencia soviéticas, marca X8/60E-2GTB, centrífugas horizontales, de dos impelentes dispuestos en serie, se encuentran en explotación desde 1985, valoradas a un costo inicial de \$ 2541.9. El ciclo de reparaciones es cada 4 años y un presupuesto asignado de \$ 683.59.

Planta de Hidrógeno:

En esta planta existe una unidad de bombeo formada por 3 bombas, las cuales tienen las funciones y parámetros de explotación que a continuación se describen:

281-Pu-1A,B,C; Bombas Torre Enfriamiento:

Su función es succionar el agua beneficiada para la torre y hacerla circular por todo el sistema de la planta para propiciar el enfriamiento del proceso.

Esta unidad presenta los siguientes parámetros - de trabajo.

- Caudal: 400 M³/h
- Altura: 421.685 kPa
- Potencia: 65 kW
- Velocidad: 1750 R/Min.

Estas bombas son de procedencia italiana, marca Cerpelli, centrífugas verticales, multicelular, se encuentran en explotación desde 1986, valoradas a un costo inicial de \$ 19807.5. El ciclo de reparaciones capitales es cada 4 años y un presupuesto de \$ 3573.00

Planta de Acido Sulhídrico (H₂S):

En esta planta existe una unidad de bombeo compuesta por 4 bombas, las cuales tienen las funciones y parámetros de explotación que a continuación se describen:

254-Pu- 3A,B,C,D; Bombas de Agua Caliente:

La función de este sistema de bombeo es realizar la circulación del agua caliente a 408 °k para enfriar el azufre proveniente del reactor a 733 °k.

Esta unidad presenta los siguientes parámetros de trabajo:

- Caudal: 19 M³/h
- Altura: 373:633 kPa
- Potencia: 5.5 kW
- Velocidad 3500 R/Min.

Estas bombas son de procedencia norteamericana, marca Allis Chalmers, centrífugas horizontales, de simple succión, se encuentran en explotación desde 1959, valoradas a un costo inicial de \$ 282.00. El ciclo de reparaciones capitales es cada 8 años y un presupuesto de \$ 96.5.

1.3 Sistema de Mantenimiento.

Debido a la gran variación de tipos, tamaños, partes y diseños de las bombas centrífugas, cualquier descripción del mantenimiento debe restringirse a los tipos más comunes de bombas centrífugas.

Los manuales de los fabricantes se deben estudiar cuidadosamente antes de tratar de dar servicio a una bomba determinada.

Por lo general, el personal de mantenimiento sólo necesita saber las condiciones específicas para el servicio que generalmente se dan en la placa de la bomba.

El término M.P.P. (Mantenimiento Preventivo Planificado), comprende el conjunto de las medidas técnico-organizativas para la explotación y el mantenimiento de los equipos encaminados a la prevención del desgaste prematuro de las piezas, mecanismos y de las averías.

La esencia del sistema de mantenimiento preventivo planificado, es la siguiente:

Después de una cantidad determinada de horas de operaciones, se efectúan los diferentes tipos de reparaciones planificadas a los equipos.

La secuencia y periodicidad de estas reparaciones, se determinan según el destino, peculiaridades constructivas y condiciones de explotación del equipo.

El mecanismo básico del sistema de Manteni--
miento Preventivo Planificado, consiste en -
la planificación de reparaciones periódicas,
en plazos fijados con anterioridad, luego de
haber trabajado los equipos una cantidad de
horas determinadas.

El volumen de trabajo de cada reparación se
establece previamente en las revisiones de -
los equipos y dependerá del estado de sus -
piezas y grupos mecánicos.

Para los equipos determinantes en la capaci-
dad de producción de la empresa y que traba-
jan sin otro equipo de reserva, puede utili-
zarse este método, escogido como tiempo de -
funcionamiento al cabo del cual ha de efec--
tuarse la reparación, aquél en que obligato-
riamente sería preciso efectuar una repara--
ción general. Es decir, en estos equipos se
ejecutan sólo reparaciones generales una vez
cumplido su ciclo total de trabajo.

El contenido básico del Sistema de Manteni--
miento Preventivo Planificado, consiste en:

- Un cumplimiento obligatorio de las reglas-
y normas de explotación y servicio entre -
las reparaciones.
- Una ejecución oportuna, completa y de cali-
dad de las reparaciones de los equipos.
- La elaboración de una relación de los tra-
bajos típicos que han de efectuarse duran-
te la ejecución de los diferentes tipos de
reparaciones.

- El establecimiento de la periodicidad de las revisiones y reparaciones.
- El aseguramiento de las reparaciones con documentación de proyección, presupuestos, piezas de repuesto necesarias y equipamiento tecnológico adecuado.
- El perfeccionamiento de la tecnología de reparación y la mecanización de los trabajos de reparaciones.
- La organización del servicio de lubricación.

Una dirección básica sobre la corrección del Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado, es el perfeccionamiento de los Sistemas de Registro y de Análisis de las averías y la elaboración de medidas encaminadas a prevenirlas.

El sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado prevé los siguientes tipos de mantenimiento y reparaciones:

- Mantenimiento técnico por turno.
- Revisiones periódicas (R).
- Reparación pequeña (P).
- Reparación Mediana (M).
- Reparación General (G).

Los trabajos llevados a cabo según el sistema de M.P.P., se ejecutan, a excepción del Mto. por turno, de acuerdo a los planes mensuales, y anuales elaborados de acuerdo a la cantidad de horas trabajadas por los equipos.

La cantidad de horas de trabajo se fija con anterioridad para cada tipo de máquina, tomando en consideración las condiciones de trabajo y el grado de desgaste de sus piezas y grupos mecánicos.

El Mantenimiento Técnico por turno es una medida profiláctica encaminada a la prolongación del término de servicio de los equipos entre reparaciones.

Los trabajos de Mantenimiento se ajustan durante cada turno (con los equipos funcionando) por los operadores de equipos, mecánicos y electricistas de turno, bajo la dirección del Jefe de Turno.

El volumen de las tareas del Mantenimiento por turno está integrado por:

- Inspección, limpieza y engrase de los equipos.
- Chequeo del funcionamiento de los dispositivos lubricadores, sistema de enfriamiento, estado de las empaquetaduras.
- Chequeo de los aparatos de control, del grado de calentamiento de las superficies rozantes.
- Chequeo del funcionamiento del motor, acción de los dispositivos de arranque y frenaje y del sistema de mando.
- Cheque del estado de las piezas móviles, acoplamiento de unión y fijación de las protecciones de seguridad.

El jefe de turno informará al jefe de la planta acerca de las dificultades que no pudo solucionar con el personal a su mando. Como regla todos los problemas son solucionados por el personal de mantenimiento de la planta bajo la dirección del jefe de mantenimiento.

Las revisiones periódicas se efectúan con vista a chequear el estado técnico de los equipos:

- Detectar y eliminar desarreglos y definir la cuantía de las próximas reparaciones planificadas.
- Las revisiones se efectúan por el personal de mantenimiento de las plantas con participación del personal de operaciones.

El contenido de trabajo de una revisión prevee lo siguiente:

- Abrir los registros y tapas y chequear los grupos mecánicos.
- Chequear la conmutación y respuestas de los mandos dados desde las pizarras de control.
- Chequear el estado de los limitadores.
- Ajustar los grupos mecánicos y ejecutar pequeños trabajos de reparación necesarios.
- Establecer el contenido de trabajo de la próxima reparación planificada y pronosticar un plazo de servicio para grupos mecánicos y piezas básicas.
- Los resultados de las revisiones se reflejan en el documento técnico de inspección.

La reparación pequeña es un tipo de reparación planificada en la cual se sustituyen o restablecen algunas piezas defectuosas cuyo plazo de servicio es igual al período entre reparaciones, asegurando además una explotación normal del equipo hasta su próxima parada para otra reparación planificada.

Durante las reparaciones pequeñas se ejecutan las siguientes tareas:

- Limpiar o soplar los equipos con aire comprimido.
- Desarmar parcialmente los grupos mecánicos, lavar e inspeccionar las piezas.
- Reparar o sustituir las piezas desgastadas, (cojinetes, prensaestopa, manguitos, etc.)
- Limpiar los carters y los sellos laberínticos.
- Lubricar según norma para este fin.
- Reparar las guarderas protectoras.
- Regular y ajustar los equipos eléctricos y de medición y control.
- Precisar las piezas y grupos mecánicos que requieren cambio o reparación durante el próximo mantenimiento planificado.

Como regla las reparaciones pequeñas son ejecutadas por la brigada de mantenimiento de las plantas, bajo la dirección del jefe de mantenimiento.

La reparación mediana es un tipo de reparación planificada mediante la cual sustituyendo o reparando las piezas y grupos mecánicos desgastados se restablece la precisión, capa-

cidad y productividad del equipo hasta la siguiente reparación planificada.

La reparación mediana comprende el siguiente volumen de trabajo:

- Todo el volumen de trabajo de la reparación pequeña.
- El desarme de los grupos mecánicos, inspección y defectado de las piezas.
- Confección de un documento técnico de inspección necesaria para la reparación mediana y detectar los grupos mecánicos que requieren cambio o reparación durante la próxima reparación general planificada.
- Reparación o sustitución del eje, impelente, aros de desgastes y cojinetes.
- Lubricar según normas.
- Ejecutar prueba en vacío y carga de ruidos y calentamientos.
- Pintar las superficies exteriores.

Las reparaciones medianas de los equipos son ejecutadas como regla general, por las brigadas especializadas de la empresa.

La reparación general, es un tipo de reparación planificada en la cual se restablecen por completo los parámetros de diseño del equipo. Durante la reparación general se lleva a cabo el desarme de los equipos, limpiando y lavando los equipos mecánicos y piezas, sustituyendo los necesarios, y posteriormente se efectúa el montaje, ajuste y prueba con carga.

Durante la reparación general se ejecutan -
los siguientes trabajos:

- Todas las actividades previstas en el con-
tenido de trabajo de la reparación media-
na.
- Un desarme total de los equipos y de to--
dos sus grupos mecánicos.
- La reparación de los cimientos y estructu-
ras de apoyo del cuerpo de la bomba.
- Montaje de todos los grupos mecánicos y -
el chequeo de su interacción.
- Preparación y pintura de las superficies-
exteriores.
- Prueba de marcha en vacío, chequeando rui-
dos anormales y calentamientos de las su-
perficie de rozamiento.
- Prueba del equipo con carga.

Durante la reparación general se ejecutan, -
además los trabajos de modernización del -
equipo para lo cual deben existir proyectos
aprobados.

1.4 Selección de las Bombas Centrífugas.

Antes de comprar equipos centrífugos de bombeo, un cliente debe hacer análisis cuidadoso de todos los datos, en forma de solicitud y enviarlo a varios fabricantes de bombas, pidiéndoles que preparen descripciones detalladas del equipo que pueden recomendar para satisfacer sus necesidades particulares.

La experiencia y el contacto íntimo con la instalación en especial, son las únicas guías para el conocimiento completo de los factores que se estudian cuando se prepara esa solicitud. Sin embargo es posible delinear los datos esenciales requeridos para que el comprador pueda escoger inteligentemente una bomba centrífuga para sus instalaciones.

Los datos esenciales son los siguientes:

- 1.- Número de unidades requeridas.
- 2.- Naturaleza del fluido a manipular.
 - a) Agua, licor o pulpas.
 - b) Presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo.
 - c) Peso específico del fluido.
 - d) Condiciones de viscosidad.
 - e) Calidad abrasiva de los sólidos y el flujo en general a bombear.

- f) Análisis químico, incluyendo el valor del PH.
- 3.- Capacidad requerida, así como caudal mínimo o máximo del líquido que debe descargar la bomba.
- 4.- Condiciones de Succión.
- a) Elevación o carga de succión.
 - b) Condiciones de succión constante o variable.
 - c) Longitud y diámetro de las tuberías.
- 5.- Condiciones de descarga.
- a) Descripción de la descarga estática, constante o variable.
 - b) Presiones máximas de descarga contra las cuales la bomba tiene que descargar líquido.
- 6.- Tipo de Servicio; continuo o intermitente.
- 7.- Instalación de las bombas; en posición horizontal o vertical.
- 8.- Tipo y característica de la fuerza disponible para mover la bomba.
- 9.- Espacio, peso o limitaciones de transporte.
- 10.- Localización de la instalación.

11.- Requerimientos especiales o marcadas preferencias con respecto al diseño, la -- construcción o el funcionamiento de la - bomba.

Cuando las necesidades de servicio son varia- bles, puede ser más ventajoso instalar varias bombas en paralelo, de tamaño pequeño y no - una solo de tamaño grande, cuando la demanda- disminuye pueden pararse o varias bombas de - las pequeñas, lo que permite que las máquinas que permanezcan en servicio funcionen con el- rendimiento máximo o muy próximo a él.

Si se usa una bomba única, al descender la de manda debe estrangularse la impulsión, con la consiguiente disminución de su rendimiento. - Además, con el uso de unidades pequeñas, du-- rante los períodos de poca demanda se tiene - la oportunidad de efectuar las reparaciones, - con lo cual manteniendo un turno en los mis-- mos, se evitan paro en la instalción que por- otra parte serian obligados con el empleo de- una bomba, igualmente pueden emplearse varias bombas en serie cuando deba suministrarse el líquido a grandes alturas.

Antes de que una bomba sea aceptada por el - comprador se le sòmete a ensayo para compro-- bar si cumple las condiciones garantizadas de presión, capacidad y rendimiento. Las Bombas- de reducidas dimensiones se prueban, por lo - general, en el taller de fabricación, en pre-- sencia de un representante del comprador; y - las grandes, por lo general, después de insta- ladas. Es correcto especificar ciertas tole--

rancias para la altura, la potencia y el rendimiento, por ejemplo para la altura son admisibles tolerancias que se extiendan desde cero hasta 3 ó 5 %, para la potencia, el 2 % , - y para el rendimiento el 0.5 %.

Mientras se lleva a cabo la prueba, debe observarse la unidad en cuanto se refiere a los defectos mecánicos, o sea, temperatura de los cojinetes, vibraciones, etc.

La elección final del sistema de bombeo para una instalación dada y el particular criterio que debe imperar en la misma, se basa corrientemente en el estudio económico de las diferentes ofertas. Un estudio de esta naturaleza puede también obligar a la sustitución de una bomba o sistema de bombeo que está prestando un servicio al parecer satisfactorio. Se sale del marco de este trabajo considerar en su totalidad los factores relativos a las cargas, - sustitución, depreciación, etc.

Capítulo:

II.- Desarrollo.

2.1 Recopilación de datos industriales.

Para comenzar nuestro trabajo, dado el problema presentado nos dimos a la tarea de recopilar los datos necesarios para el trabajo de cada equipo, tales como:

- Todas las características técnicas y de explotación de las bombas instaladas, inicial y actualmente.
- El tiempo de explotación desde la puesta en marcha.
- A cuales de ellos se les importan las piezas de repuesto y a cuáles se les fabrican en Cuba, así como el costo de las importadas.
- Cantidad de bombas y unidades de bombeo por plantas.
- Gastos Materiales, Capitales, de Salarios por concepto de Mantenimiento y Operarios, así como las frecuencias de averías, dado éstos en un período de 7 años de explotación comprendido entre 1980-1987.

Todos estos datos fueron encontrados en el Departamento de Programación y Control de Mantenimiento, en el Departamento de Documentación -

Técnica, Departamento de Piezas de Repuesto, en las Plantas de Proceso donde se encuentran instaladas las bombas.

2.2 Procesamiento Estadístico de los Datos.

Como se ha planteado con anterioridad, el objetivo de este trabajo es llevar a cabo la unificación de las bombas en la empresa, lo que en esencia es una tarea de optimización del uso de estos equipos.

La optimización consiste en la selección de un conjunto de variantes, la cual puede ser la mejor o mejores, desde el punto de vista de la eficiencia, operacional, tecnológica y económica. Esto puede ser logrado con la confección y análisis de un modelo Estadístico-Matemático.

La modelación estadística-matemática, consiste en la confección de un sistema de ecuaciones que relacionan determinadas características económicas, tecnológicas, técnicas y productivas del objeto en cuestión y en el cálculo para la obtención de la información necesaria.

La optimización se expresa a través de la relación formalizada del criterio de efectividad del sistema con las variables y parámetros establecidos.

Existe una amplia clasificación de los modelos matemáticos; dentro de los cuales nosotros elegimos para el trabajo el estadístico, asumiendo como criterio de optimización en nuestro caso, el costo de bombeo de metros cúbicos al año y en específico su disminución.

Luego de un profundo análisis de los datos recopilados, los parámetros técnicos, tecnológicos y económicos, arribamos al siguiente funcional de optimización:

$$C_{\min} = \sum_{i=1}^n \frac{[P(i) \cdot Q(i) \cdot K_e \cdot \phi_t(i) + S(i) + E_n \cdot I_c(i) + R(i) + Cad(i)]}{\sum_{i=1}^n Q(i)}$$

Donde:

$P(i)$ = Presión de impulsión de la bomba.

$Q(i)$ = Caudal de bombeo de la bomba.

$\phi_t(i)$ = Fondo de tiempo de la bomba.

K_e = Costo de la energía eléctrica.

$S(i)$ = Gasto reducido al año en salario de la bomba.

E_n = Coeficiente normativo ramal para las inversiones ($E_n = 12\%$ /año).

$I_c(i)$ = Inversiones Capitales reducidas al año de la bomba.

$R(i)$ = Gasto reducido al año para la reparación de la bomba.

$Cad(i)$ = Costo de adquisición de la bomba.

En esencia tenemos planteada una tarea de minimización del funcional respecto al número de tipos de bombas y países suministradores.

Este funcional nos permite hacer el cálculo de las variantes ya existentes y de otras donde se utilicen bombas de los tipos ya instaladas.

Una vez hallado los valores medios de cada uno de los parámetros en el funcional para cada tipo de bomba, el cual se determina - según la expresión (2):

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N} \quad (2):$$

Donde:

\bar{X} = Valor medio anual del parámetro analizado.

$\sum X_i$ = Es la suma de todos los datos reco-pilados en un período de 7 años pa-ra la bomba analizada.

Para obtener el modelo que nos permite con más libertad pronosticar el comportamiento del objeto tratado, nos propusimos a par-tir del funcional confeccionar un modelo - sobre la base de las ecuaciones de regre-sión para cada una de las magnitudes.

La investigación de la correlación se rea-lizó entre tres parámetros, o sea, una co-rrelación lineal múltiple por la cual se - entiende como el grado de correlación o la relación existente entre dos o más varia-bles, cuya expresión general se determina-a través de la fórmula estadística siguien-te:

$$R_{1.23} = \frac{\sqrt{r_{1.2}^2 + r_{1.3}^2 - 2r_{1.2} r_{1.3} r_{2.3}}}{1 - r_{2.3}^2} \quad (3)$$

Donde:

$R_{1.23}$ = Coeficiente de correlación lineal múltiple entre la variable dependiente 1 y las independientes 2 y 3.

$r_{1.2}$ y $r_{1.3}$ = Coeficiente de correlación entre la variable dependiente 1 y las independientes 2 y 3 respectivamente.

$r_{2.3}$ = Coeficiente de correlación entre las variables independientes.

Estos tres últimos coeficientes se determinan por la expresión estadística (4):

$$r = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N})(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N})}} \quad (4)$$

Donde:

X y Y = Son los valores de los parámetros analizados para la correlación.

Este coeficiente se ha calculado para todas las bombas, según la clasificación dada al inicio para este trabajo. A través del Subprograma 2 obtuvimos los resultados mostrados en la tabla 3.4.

Estos valores demuestran que existe una correlación lineal múltiple aceptada entre los tres parámetros de cada uno de los casos analizados, conociendo por estadística que ha--

brá mejor correlación cuanto más cercano esté a la unidad el valor de dicho coeficiente.

Por ejemplo, nosotros tomamos como base para la correlación cuatro parámetros dependientes, tales como, el gasto reducido anual en salario, inversiones capitales, mantenimiento y reparaciones, así como el costo de adquisición de cada equipo; cada uno en función del caudal y la altura de presión de la bomba en cuestión respectivamente.

Por esta razón las ecuaciones de regresión para todas las magnitudes analizadas pueden ser lineal tomando la siguiente forma general:

$$X_1 = b_{1.23} + b_{12.3}(X_2) + b_{13.2}(X_3) \quad (5)$$

Donde:

$b_{1.23}$, $b_{12.3}$ y $b_{13.2}$: Son constantes

Conociendo que los sub-índices después del punto indican las variables, que en cada caso se mantienen constante.

Se debe entender como ecuación de regresión aquella en que estimamos una variable dependiente; digamos X_1 , a partir de las independientes X_2 y X_3 ; llamandose ecuaciones de regresión de:

$$X_1 \text{ en } X_2 \text{ y } X_3, \text{ es decir: } X_1 = (X_2 \cdot X_3)$$

TABLA No. 3.4

Coeficientes de Correlación R = f(Q y H).

Instalaciones	G. en Salario (%)	G. en Materiales (%)	C. de Adqui. (%)	Inversiones (%)
Agua	0.92	0.82	0.90	0.82
Licor	0.93	0.93	0.98	0.93

TABLA No. 3.5

Ecuaciones de Regresión de S, M, C y I = f(Q y H).

Instalaciones	Ecuaciones de Regresión		
A g u a	G. en Sal. =	$1808.90+(Q) 0.73+(H)$	0.28
	G. en Mat. =	$897.33+(Q) 2.64+(H)$	-0.01
	C. de Adq. =	$1170.14+(Q) 23.33+(H)$	-0.07
	Inv. Cap. =	$1033.71+(Q) 3.86+(H)$	-0.06
L i c o r y P u l p a s	G. en Sal. =	$1802.32+(Q) 1.65+(H)$	2.93
	G. en Mat. =	$1228.19+(Q) 4.29+(H)$	1.73
	C. de Adq. =	$2315.35+(Q) -7.08+(H)$	30.00
	Inv. Cap. =	$3999.80+(Q) 1.20+(H)$	2.69

TABLA No. 3.6

Comprobación de las Ecuaciones de Regresión Bom. para Agua. - Sal. Mat. C. Adq. e Inv. Capit. = f (Q,H).

Gasto en Salario			Gasto en Materiales			Costo de Adquisición			Inv. Capitales		
Calcul.	Real	Dest.	Calcul.	Real	Dest.	Calcul.	Real	Dest.	Calcul.	Real	Dest.
2282.77	2270.86	-11.91	3018.06	3410.54	392.48	5851.31	5854.00	2.69	2160.27	5219.48	3059.21
2282.77	2308.89	26.12	3018.06	2692.31	-395.75	5851.31	5854.00	2.69	2160.27	1226.37	-933.90
2282.77	2294.83	12.06	3018.06	3178.17	160.11	5831.31	5854.00	2.69	2160.27	1453.35	-706.82
2282.77	2278.80	- 3.97	3018.06	2822.04	-196.07	5851.31	5854.00	2.69	2160.27	1453.55	-706.72
2282.77	2270.86	-11.91	3018.06	3000.00	- 18.06	5851.31	5854.00	2.69	2160.27	1453.55	-706.72
2573.87	2648.00	74.13	1740.91	1600.45	-140.46	13200.54	13205.00	4.46	1773.28	1774.13	0.85
2573.87	2529.40	-44.47	1740.91	1856.06	115.15	13200.54	13205.00	4.46	1773.28	1774.13	0.85
2573.87	2547.50	-26.37	1740.91	1764.10	33.19	13200.54	13205.00	4.46	1773.28	1774.13	0.85
1500.83	1502.00	1.17	4336.57	4338.00	1.43	3382.28	3386.00	3.72	6617.59	6618.18	0.59
1504.92	1486.20	-18.72	217.43	297.80	80.37	281.00	282.00	1.00	573.20	596.50	73.30
1504.92	1509.80	4.88	217.43	210.20	- 7.23	281.00	282.00	1.00	573.20	579.70	16.50
1504.92	1420.00	-84.92	217.43	266.20	48.77	281.00	282.00	1.00	573.20	469.56	- 53.64
1504.92	1609.90	104.98	217.43	100.10	-117.33	281.00	282.00	1.00	573.20	469.56	- 53.64
2342.53	2344.40	1.87	2042.75	2043.20	0.45	5848.31	5854.00	5.69	1418.62	1419.38	0.76
2883.53	2328.70	-554.33	1442.51	916.20	-526.31	5848.67	5854.00	5.33	1603.64	2620.16	1016.52
2883.53	3435.70	552.17	1442.51	1966.57	524.06	5848.67	5854.00	5.33	1603.64	1190.67	-417.97
2883.53	3434.00	550.47	1442.51	1989.24	546.77	5848.67	5854.00	5.33	1603.64	1196.46	-407.18
2883.53	2346.45	-537.08	1442.51	905.97	-536.54	5848.67	5854.00	5.33	1603.64	1419.38	-184.26
4270.30	4274.60	4.30	577.30	563.60	- 13.70	2254.33	2541.90	0.52	731.17	683.59	- 47.58
4270.30	4270.30	- 1.50	577.30	591.80	14.50	2541.38	2541.90	0.52	731.17	780.09	48.92
2719.42	2720.40	0.98	682.22	726.08	43.87	19806.72	19807.50	0.78	3573.11	3573.78	0.67
2719.42	2709.60	- 9.87	682.22	653.73	28.49	19806.72	19807.50	0.78	3573.11	3573.78	0.67
2719.42	2709.60	- 9.87	682.22	653.73	28.49	19806.72	19807.50	0.78	3573.11	3573.78	0.67

Comprobación de las Ecuac. de Regresión Bom. para Licor y Pulpas. Sal. Mat. C. Adq. e Inv. C. = f(Q,H).

Gasto en Salario			Gasto en Materiales			Costo de Adquisición			Inv. Capitales.		
Cácul.	Real	Dest.	Cácul.	Real	Dest.	Cácul.	Real	Dest.	Cácul.	Real	Dest.
2066.88	1795.20	- 271.88	3202.31	3536.49	327.68	3626.82	3634.00	7.18	5988.64	6021.00	33.36
2066.98	1795.20	- 271.88	3208.81	3536.49	327.68	3626.82	3634.00	7.18	5988.64	6021.06	32.42
2066.96	1610.90	- 256.06	3208.81	3200.08	- 8.73	3682.82	3634.00	7.18	5988.64	6021.06	32.42
2066.96	1603.00	- 263.96	3208.81	2920.04	-288.77	3626.82	3634.00	7.18	5988.64	6021.06	32.42
2066.96	1763.90	- 263.06	3208.81	3215.09	- 93.72	3626.82	3634.00	7.18	5988.64	5894.04	-94.60
2066.96	3437.60	1370.62	3208.81	3520.06	311.25	3626.82	3634.00	7.18	5988.64	5940.08	-48.56
2066.96	3423.50	1356.52	3208.81	3614.04	405.23	3626.82	3634.00	7.18	5988.64	6021.06	32.42
2066.96	1246.60	- 818.18	3208.81	2800.02	-408.79	3626.82	3634.00	7.18	5988.64	6021.06	32.42
1437.35	1438.60	1.25	2319.77	2380.50	60.73	6382.34	6388.07	5.68	5237.23	5239.94	2.71
1437.35	1451.80	14.45	2319.77	2273.00	- 46.77	6382.34	6388.07	5.68	5237.23	5239.94	2.71
1437.35	1430.00	-7.35	2319.77	2307.40	- 12.37	6382.34	6388.07	5.68	5237.23	5239.94	2.71
4044.05	4058.80	14.75	4043.34	3776.40	-266.94	6383.96	6388.22	4.26	5239.75	5239.94	0.19
4044.05	4050.24	6.19	4043.34	4228.46	185.12	6383.96	6388.22	4.26	5239.75	5239.94	0.19
4044.05	4044.23	0.18	4043.34	3962.25	- 81.09	6383.96	6388.22	4.26	5239.75	5239.94	0.19
4044.05	4034.27	- 9.78	4043.34	4212.49	169.15	6383.96	6388.22	4.26	5239.75	5239.94	0.19
3395.50	3955.60	560.10	447.94	260.82	-187.12	10222.64	10225.00	2.36	2353.71	2282.23	-71.48
3395.50	3958.22	562.72	447.94	280.22	-167.72	10222.64	10225.00	2.36	2353.71	2282.23	-71.48
3395.50	3942.23	546.73	447.94	284.03	-163.91	10222.64	10225.00	2.36	2353.71	2282.23	-71.48
3395.50	3951.24	555.74	447.94	297.03	-150.91	10222.64	10225.00	2.36	2353.71	2282.23	-71.48
3395.50	1186.46	-2212.04	447.94	1127.50	679.56	10222.64	10300.00	77.36	2353.71	2663.40	309.60
6064.88	6033.90	- 30.78	4385.90	4558.32	172.42	38969.89	39000.00	30.11	7493.76	7913.00	419.24
6064.88	6058.10	- 6.58	4385.90	4380.16	- 5.74	38969.89	39000.00	30.11	7493.76	7913.00	419.24
6064.88	6116.20	51.52	4385.90	4150.22	-235.68	38969.89	39000.00	30.11	7493.76	6658.50	-835.25
6064.88	6077.41	12.73	4385.90	4480.26	94.36	38969.89	39000.00	30.11	7493.76	7527.00	33.24

A esta ecuación de regresión se llega a través de un sistema de ecuaciones que toma la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \sum X_1 &= b_{1.23}N + b_{1.23} (\sum X_2) + b_{13.2} (\sum X_3) \\ \sum X_1 X_2 &= b_{1.23} (\sum X_2) + b_{12.3} (\sum X_2)^2 + b_{13.2} (\sum X_2 X_3) \\ \sum X_1 X_3 &= b_{1.23} (\sum X_3) + b_{12.3} (\sum X_2 X_3) + b_{13.2} (\sum X_3)^2 \end{aligned} \quad (6)$$

Por lo que mediante ella se puede determinar las constantes $b_{1.23}$, $b_{12.23}$ y $b_{13.2}$.

Finalmente para obtener este modelo buscado sobre la base de las ecuaciones de regresión, introducimos algunos coeficientes de corrección para tratar de ejecutar el modelo del funcional obtenido con el del funcional real. De esta forma sustituimos los parámetros de caudal y altura de presión en la ecuación de regresión, encontramos la desviación estándar, dado por la diferencia entre el valor obtenido de la ecuación y el valor de los datos reales de la producción, dividido por el valor real y sumandolos a cada resultado a través de una sumatoria se determinó un coeficiente promedio que multiplicado por la ecuación de regresión se acerca de forma considerable a los datos industriales, este coeficiente de corrección se determinó por la ecuación (7).

$$\chi_c = \sum_{i=1}^n \frac{\text{Dest}}{N} \quad (7)$$

Donde:

χ_c = Coeficiente de corrección hallado para cada una de las ecuaciones de regresión.

Dest: Es la deficiencia entre el valor calculado en la ecuación y los datos industriales.

En la tabal 3.5 y 3.6, se muestran las ecuaciones de regresión obtenidas, así como la comprobación y la desviación estándar.

Quedando el modelo del funcional buscado en la forma siguiente:

$$C_{m1} = b_{11} \alpha_1 + b_{21} \alpha_2 + b_{31} \alpha_3 + b_{41} \alpha_4 \quad (8)$$

$$C_{m2} = (b_{12} \alpha_1 + b_{22} \alpha_2 + b_{32} \alpha_3 + b_{42} \alpha_4) Q(i) \quad (9)$$

$$C_{m3} = (b_{13} \alpha_1 + b_{23} \alpha_2 + b_{33} \alpha_3 + b_{43} \alpha_4) H(i) \quad (10)$$

$$C_{\min} (\text{Teor}) = \sum_{i=1}^n \frac{[C_{m1}(i) + C_{m2}(i) + C_{m3}(i)]}{\sum_{i=1}^n Q(i)} \quad (11)$$

Donde:

C_{min} (teor): Es el costo mínimo reducido -
hallado por el funcional de re-
gresión.

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ y α_4 : Los coeficientes de corrección,
para las cuatro ecuaciones res-
pectivamente.

b_{11} hasta b_{43} : Constantes de las ecuaciones-
de regresión analizadas.

Variantes de Sustitución para las Instalaciones de Bombeo (Agua).

Unidades de Bombeo	Marcas, Tipos y Países de Procedencia de las Bombas Centrí­fugas				
	Inst. Actual	Variante I	Variante II	Variante III	
114-Pu-5A,B. 114-Pu-6A,B,C.	INGERSOL RAND-A.L.V. Centrí­fuga Horizont. U.S.A.	(Se Mantiene)	∩ 200-36 Centrí­fuga Orizont. U.R.R.S.	(Se Mantiene) (Variante II)	
114-Pu-1A,B,C.	HAZLETON - MS Centrí­fuga Horizont. U.S.A.	(Se Mantiene)	(Se Mantiene)	∩ HC - 38-154-T4 Centrí­fuga Horiz. U.R.S.S.	
264 Pu- 1	INGERSOL RAND - ALV. Centrí­fuga Horizont. U.S.A.	GERPELLI DHP-12X25 Centrí­fuga Horizont. ITALIA	(Se Mantiene) (Variante I)	20∩ -18X2 - TB Centrí­fuga Horiz. U.R.S.S.	
254-Pu-3A,B,C,D.	ALLIS CHALMERS FB-3 Centrí­fuga Horizont. U.S.A.	(Se Mantiene)	K90/20 - 4K - 18 Centrí­fuga Horizont. U.R.S.S.	(Se Mantiene Variante II)	
114-Pu-4A,B,C,D,E	∩ 200-36 Centrí­fuga Horizont. U.R.S.S.	(Se Mantiene)	(Se Mantiene)	(Se Mantiene)	

Variantes de Sustitución para las Instalaciones de Bombeo (Agua)(Cont.)

Unidades de Bombeo	Marcas, Tipos y Países de Procedencia de las Bombas Centrífugas			
	Inst. Actual	Variante I	Variante II	Variante III
194-Pu-12A,B.	X8/60 E - 2 GTB Centrífuga Orizont. U.R.S.S.	(Se Mantiene)	(Se Mantiene)	(Se Mantiene)
281-Pu- 1A,B,C.	CERPELLI GKV-III - 20X20 Centrífuga Vertical Italia	(Se Mantiene)	(Se Mantiene)	20 ^{fl} -18-2-TB Centrífuga Vertical U.R.S.S.

TABLA No. 3-7-1

Variantes de Sustitución para las Instalaciones de Bombeo (Licor y Pulpas).

Unidades de Bombeo	Marcas, Tipos y Países de Procedencia de las Bombas Centrífugas.			
	Inst. Actual	Variante I	Variante II	Variante III
114-Pu-3A,B,C, D,E,F.	DENVER - SRLC Centrífuga Horizont.	L.P.K. 150/480 Centrífuga Horizont.	DENVER-SRLC Centrífuga Horizont.	K-290/1B-T4 Centrífuga Horizont.
114-Pu-6,6A.	U.S.A.	FINLANDIA	U.S.A.	U.R.S.S.
174-Pu-1A,B,C.	DURCO HHK - 4-0-110 Centrífuga Horizont.	Se Mantiene la Actual.	CERPELLI H PEB-15X30/ III. Centrífuga Horizontal ITALIA.	K-280/29 Centrífuga Horizont. U.R.S.S.
174-Pu-4A,B,C,D.	U.S.A.			
174-Pu-3A,B,C,D.	L.P.K.-150/480 Centrífuga Horizont.	Se Mantiene la Actual.	DENVER . SRLC. Centrifuga Horizontal U.S.A.	K-290/1B-T4 Centrífuga Horizont. U.R.S.S.
264-Pu-7.	FINLANDIA			
194-Pu-1,2,3,4,	CERPELLI - DHP 12X25 Centrífuga Horizont. ITALIA	Se Mantiene la Actual	Se Mantiene la Actual	Se Mantiene la Actual.

TABLA No. 3.8

Características de las Bombas Actuales y de Sustitución.
Unidades de Bombeo para el Agua.

Inst. Actual	Variante I	Variante II	Variante III
114- Pu- 5A,B; 6A,B,C. INGERSOL RAND	(Se Mantiene)	200-36	□ 200-36
Q = 277 M ³ /h.		Q = 290 M ³ /h.	Q = 280 M ³ /h.
H = 343.232 kPa.		H = 373 kPa.	H = 373 kPa.
n = 1760 R/Min.		n = 1760 R/Min.	n = 1760 R/Min.
N = 44.742 kW.		N = 44.742 kW.	N = 44.742 kW
C. Adq.: \$ 5854.00		C. Adq.: \$ 2730.00	C. Adq.: \$ 2730.00
114-Pu- 1A,B,C. HAZLETON.	(Se Mantiene)	(Se Mantiene)	□ HC-38-154-T4
Q = 624 M ³ /h.			Q = 630 M ³ /h.
H = 2092.349 kPa.			H = 2177.04 kPa.
n = 770 R/Min.			n = 770 R/Min.
N = 600 kW.			N = 600 kW
C. Adq.: \$ 13205.00			C. Adq.: \$ 13112.06

Unidades de Bombeo para el Agua. (Cont.)

Int. Actual	Variante I	Variante II	Variante III
264 - Pu-1			
INGERSOL RAND	CERPELLI	Se Mantiene	20 ¹ - 18X2-TB
Q = 454 M ³ /h.	Q = 458 M ³ /h.		Q = 450 M ³ /h.
H = 448.3605 kPa.	H = 448.35 kPa.		H = 686 kPa.
n = 1750 R/Min.	n = 1750 R/Min.		n = 1750 R/Min.
N = 74 kW	N = 74 kW		N = 74 kW
C. Adq.: \$ 3386.00	C. Adq.: \$ 3929.40		C. Adq.: \$ 1700.00

Unidades de Bombeo para el Agua (Cont.)

Inst. Actual	Variante II	Variante II	Variante III
194 - Pu-12 A,B.			
X8/60 E-2G.T.B.	(Se Mantiene)	(Se Mantiene)	(Se Mantiene)
Q = 6.8 M ³ /h.			
H = 8629.852 kPa.			
n = 3600 R/Min.			
N = 17 kW.			
C. Adq.: \$ 2541.90			
281 - Pu- 1A,B,C.			
CERPELLI.	(Se Mantiene)	(Se Mantiene)	20 ^{fl} -18X2-TB.
Q = 400 M ³ /h			Q = 390 M ³ /h
H = 421.685 kPa.			H = 410.68 kPa
n = 1750 R/Min.			n = 1750 R/Min.
N = 60 kW.			N = 60 kW
C. Adq.: \$ 19807.50			C. Adq.: \$ 18100.60

Unidades de Bombeo para el Agua (Cont.).

Inst. Actual	Variante I	Variante II	Variante III
254 - Pu- 3A,B,C,D.			
ALLIS CHALMERS		K90/20 - (4K-18)	
Q = 19 M ³ /h.	(Se Mantiene)	Q = 19 M ³ /h	(Se Mantiene)
H = 373.633 kPa.		H = 380.42 kPa.	
n = 3500 R/Min.		n = 3500 R/Min.	
N = 5.5 kW.		N = 5.5 kW.	
C. Adq.: \$ 282.00		C. Adq.: \$ 1134.00	
114- Pu-4A,B,C,D,E.			
200-36	(Se Mantiene)	(Se Mantiene)	(Se Mantiene)
Q = 226 M ³ /h.			
H = 343.232 kPa.			
n = 1750 R/Min.			
N = 37 kW			
C. Adq.: \$ 5854.00			

TABLA No. 3-8-1

Características de las Bombas Actuales y de Sustitución

Unidades de Bombeo para Licor y Pulpas.

Inst. Actual	Variante I	Variante II	Variante III
114-Pu-3A,B,C,D,E,F. 114-Pu-6,6A. DENVER.	L.P.K. 150/480	Se Mantiene la Actual	K-290/1B-T4
Q = 136 M ³ /h.	Q = 136 M ³ /h.		Q = 136 M ³ /h
H = 194.289 kPa.	H = 107.873 kPa.		H = 176.51 kPa
n = 650 R/Min.	n = 650 R/Min.		n = 650 R/Min.
N = 5.5 kW.	N = 17 kW		N = 5.5 kW
C. Adq. \$ 3634.00	C. Adq. \$10225.02		C. Adq. \$2730.00

174-Pu-1A,B,C. DURCO.	Se Mantiene Actual	CERPELLI	K-280/29
Q = 352 M ³ /h.		Q = 350 M ³ /h.	Q = 348 M ³ /h.
H = 239.125 kPa.		H = 372.60 kPa.	H = 284.38 kPa.
n = 650 R/Min.		n = 1750 R/Min.	n = 650 R/Min.
N = 29 kW		N = 36.80 kW	N = 55 kW
C. Adq.: \$ 6388.02		C. Adq.: \$ 15539.65	C. Adq.: \$ 2730.00

Unidades de Bombeo para Licor y Pulpas (Cont.) 2

Inst. Actual	Variante I	Variante II	Variante III
174- Pu, 4A,B,C,D DURCO	Se Mantiene la Actual	CERPELLI	Se Mantiene la Actual
Q = 408 M ³ /h.		Q = 350 M ³ /h.	
H = 239.125 kPa.		H = 372.60 kPa.	
n = 1750. R/Min.		n = 1750 R/Min.	
N = 37 kW		36.80 kW.	
C. Adq.: \$ 6388.25		C. Adq.: \$ 15539.00	
174- Pu- 3A,B,C,D. 264- Pu- 7	Se Mantiene la Actual	Se Mantiene la Actual	K-290/1B-T4
L.P.K.			
Q = 147 M ³ /h.			Q = 136 M ³ /h.
H = 107.873 kPa.			H = 176.51 kPa.
n = 170 R/Min.			n = 170 R/Min.
N = 37 kW			N = 37 kW
C. Adq.: \$ 10225.00			C. Adq.: \$ 2730.00

Unidades de Bombeo para Licor y Pulpas (Cont.) 3

Int. Actual

Variante I

Variante II

Variante III

194- Pu- 1,2,3,4.

CERPELLI

Se Mantiene la Actual

Se Mantiene la Actual

Se Mantiene la Actual

Q = 265 M³/h.

H = 1265.057 kPa.

n = 3550 R/Min.

N = 177 KW

C. Adq.: \$ 39000.00

2.3 Unificación de las Bombas Centrífugas.

Cumplimentando el objetivo del trabajo una vez analizada la distribución actual de las bombas centrífugas (ver tabla No. 3.8;3.8.1 de la empresa y sus características, es necesario realizar la unificación de este sistema de bombeo.

Este proceso consiste en agrupar las unidades de bombeo en cuanto a países de procedencia, costo de adquisición, posibilidades de obtención de las piezas de repuesto, así como su fabricación en Cuba. Es válido destacar que el equipamiento procedente de países capitalistas no se debe adquirir de un solo vendedor, pues esto en algunos casos conllevaría al aumento de los precios o el bloqueo económico, por lo que éste ha sido objeto de análisis profundo en nuestro trabajo.

Para realizar este sistema de unificación se hubo de tener en cuenta los siguientes principios:

- 1.- Posibilidades y costo de adquisición del sistema de bombeo.
- 2.- Procedencia y monedas de pago, así como el nivel y posibilidades de relaciones comerciales con países capitalistas a los cuales se les compran estos productos.
- 3.- Posibilidad de adquisición de las piezas de repuestos (su costo).
- 4.- Posibilidad de fabricación de éstas en Cuba.

- 5.- Estabilidad operacional de cada sistema.
- 6.- Posibilidad de instalación en serie o paralelo, así como el cambio de la posición geométrica de las bombas (horizontales o verticales).
- 7.- Posibilidad de variación de las estructuras de las instalaciones en caso de que se instale una bomba de mayor o menor dimensiones (diámetro de la red de tubería, bancada, etc.) con el consiguiente aumento de las inversiones adicionales.
- 8.- La disminución de marcas, tipos y áreas de procedencias de las unidades de bombeo a sustituir.

Así como otros aspectos no menos importantes -- los cuales están basados en criterios aportados por especialistas en la compra de éstos equipos, que por su importancia fué de gran influencia -- en una valoración cualitativa.

No obstante resulta prácticamente complejo considerar desde el punto de vista matemático todos los aspectos señalados anteriormente, por lo que para la conformación del funcional descrito en el epígrafe anterior, como puede observarse, se tomaron en cuenta algunos de ellos.

Según la clasificación seguida en este trabajo, se muestra a continuación las diferentes variantes propuestas para cada caso analizado, como resultado de la unificación.

La composición de las variantes para cada unidades de bombeo están conformadas de las siguientes formas:

1.- Instalación para el agua:

- Variante I: Compuesta por bombas de procedencia norteamericana, italianas y soviéticas.
- Variante II: Compuesta por bombas de procedencia norteamericana, italiana y soviéticas.
- Variante III: Compuesta por bombas de procedencia soviética.

2.- Instalación para licor y pulpas:

- Variante I: Compuesta por bombas de procedencia finlandesas, italianas y norteamericanas.
- Variante II: Compuesta por bombas de procedencia norteamericanas, italianas y finlandesas.
- Variante III: Compuesta por bombas de procedencia italianas y soviéticas.

La composición de cada una de estas variantes se puede ver en la Tabla No. 3.7; 3.7.1

Capítulo:

III.- Cálculo Económico.

3.1 Comparación de las variantes de instalación de las unidades de bombeo.

Al concluir el procesamiento de las variantes propuestas, mediante la técnica de computación, nos hemos dado a la tarea de realizar una comparación-económica de los resultados obtenidos, según se muestra en la Tabla No. 36.

Como se puede observar, para el caso de las instalaciones de agua, el costo mínimo de bombeo corresponde a la Variante III, compuesta por bombas soviéticas, donde los tipos y marcas de bombas para estas instalaciones se muestran en la Tabla No. 37.

Para el caso de las instalaciones de bombeo de Licor y Pulpas, vemos que el costo mínimo corresponde a la Variante III de sustitución, compuesta por bombas de procedencia italianas y soviéticas. Estas se muestran en la Tabla No. 37.1.

En el epígrafe siguiente se detallan los resultados económicos, así como la disminución de tipos y países de procedencia de las bombas centrífugas que componen las variantes de sustitución.

3.2 Resultados económicos.

Analicemos ahora el efecto económico de las variantes de proposición con respecto a la instalación actual, según la clasificación de las unidades de bombeo.

1.- Instalación de bombeo para agua:

- Instalación actual: El costo mínimo de bombeo es de 126 872.78 Rb.- por metros cúbicos al año.
- Variante I: El costo mínimo de bombeo es de 123 194.74 Rb. por metros cúbicos al año.
- Variante II: El costo mínimo de bombeo es de 100 550.10 Rb. por metros cúbicos al año.
- Variante III: El costo mínimo de bombeo es de 73 456.88 Rb. por metros cúbicos al año.

Esto equivale a decir que con la utilización de la variante I se ahorra -- con respecto a:

- Actual: 3 678.05 Rb.

Con la utilización de la variante II se ahorra con respecto a:

- Actual: 22 322.68 Rb.
- Variante I: 22 644.63 Rb.

Con la utilización de la variante III se ahorra con respecto a:

- Actual: 53 415.90 Rb.
- Variante I: 49 737.85 Rb.
- Variante II: 27 093.22 RB.

2.- Instalación de bombeo para Licor y Pulpas.

- Instalación actual: El costo mínimo de bombeo es de 162 258.60 Rb por metros cúbicos al año.
- Variante I: El costo mínimo de bombeo es de 149 654.40 Rb. por metros cúbicos al año.
- Variante II: El costo mínimo de bombeo es de 147 735.00 Rb. por metros cúbicos al año.
- Variante III: El costo mínimo de bombeo es de 142 506.00 Rb. por metros cúbicos al año.

Lo que equivale a decir que con la utilización de la Variante I se ahorra con respecto:

- Actual: 12 604.20 Rb.

Con la utilización de la Variante II se ahorra con respecto a:

- Actual: 14 523.60 Rb.
- Variante I: 1 919.40 Rb.

Con la utilización de la Variante III se ahorra con respecto a:

- Actual: 19 752.60 Rb.
- Variante I: 7 148.40 Rb.
- Variante II: 5 219.00 Rb.

Después de haber realizado el análisis económico se aprecia que en la tercera variante de sustitución con respecto a la actual existe un ahorro total de 73 168.50 Rb.,- la cual está conformada por 51 623.41 en moneda libremente convertible, equivalente a un 70 % del total. De esta suma 36 322.0 corresponden a la instalación de agua y - 15 300.00 a la de Licor y Pulpas.

Es evidente señalar que el ahorro del costo mínimo de la instalación destinada para Licor y Pulpas es menor en 33 663.00 Rb. - con respecto a la de agua, debido a la diferencia en el costo de adquisición el cual está en el orden de 178 319.84 Rb.

Analizando las tres variantes propuestas, - todas propician un ahorro sustancial de divisas en forma gradual, de la I a la III- respectivamente, aunque cada variante está compuesta por diversas marcas y países de procedencias excepto la tercera, la cual está conformada por bombas de procedencia-soviéticas para agua y soviéticas e italianas para licor y pulpas.

Capítulo:

IV.- Conclusiones y recomendaciones.

Después de realizar con dedicación y entusiasmo nuestro trabajo, analizando el efecto económico que ésta propicia a la economía nacional, llegamos a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- 1.- Consideramos que el objetivo del trabajo fué cumplido, ya que se muestran las ventajas de las variantes propuestas, con respecto a la actual,
- 2.- En las instalaciones de bombeo actual para cada caso analizado, existe un total de 9 tipos de bombas centrífugas, procedentes de 4 países suministradores, que comparada con la variante óptima, para estos casos se logró disminuir hasta 5 tipos de bombas procedentes de 2 países suministradores, ahorrándose en total 73 168.50 Rublos por metros cúbicos al año.
- 3.- La utilización de las restantes variantes de sustitución, a pesar de que no hallan sido óptimas traen consigo también una disminución de los tipos de bombas y países de procedencia, así como un ahorro considerable de moneda nacional y libremente convertible.

4.- Sobre la base de los datos reales recopilados y su precesamiento estadístico, se logró obtener un funcional que forma parte del modelo matemático-estadístico, del trabajo de optimización planteado, - el cual permitirá la determinación del valor del criterio de optimización en futuras variantes.

Recomendaciones:

- 1.- Realizar un trabajo de la misma naturaleza, pero con más rigor científico, en aquellas unidades de bombeo donde existan problemas técnicos y operacionales.
- 2.- Tomar medidas organizativas con el fin de ir al estudio y comprensión de este trabajo, para aplicarlo a medidas que pierdan el valor técnico y de confiabilidad las unidades de bombeo instaladas actualmente.
- 3.- Generalizar la metodología del trabajo y aplicarlo a otros equipos dentro y fuera de la empresa.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Operaciones de Equipos Industriales Metalúrgicos.
G. Hernández E. Aguirre G. Matos.
- 2.- Catálogos: Pompes CERPELLI. 1982
- 3.- Grupo de Bombeo Eléctrico Tipo K.
URSS.
- 4.- Teorias y Problemas de Estadística.
MURRAYR. SPIEGEL, Ph. D.
- 5.- Termoenergética y Termotecnia.
Grigoriev V. A. y Zorin V. M.
- 6.- Equipos de Bombeo.
Diosdado Pérez Franco.
- 7.- Hidráulica.
B. Nekrasov.
- 8.- Bombas Centrífugas. Selección, Operación y -
Mantenimiento. Tomo I y II.
Igor J. Krassik Roy Carter.
- 9.- Bombas y Máquinas Soplantes Centrífugas.
A. H. Church.
- 10.- Reglamento de Mantenimiento Preventivo Planificado de Equipos Tecnológicos.

```

PROGRAM UNIFICACION_REGRESION_CORRELACION;
  { $I DECLAR. VAR }
begin
  { INICIO DEL PROGRAMA }
  writeln(Lst, #15);
  textbackground(1); textcolor(15); clrscr;
  gotoxy(25, 5); write('*** M O A - I S M M ***');
  gotoxy(29, 8); write('P R O G R A M A');
  gotoxy(20, 11); write('Titulo: Unificacion de Bombas Centri');
  textcolor(12+16);
  gotoxy(35, 20); write('Continue...'); read(k1);
  { Llamada a los subprogramas }
  { $I SUBPR1.BOM }
  { $I SUBPR2.BOM }
  { $I SUBPR3.BOM }
  { $I SUBP3B.BOM }
  { $I SUBPR4.BOM }
  if (na='B:AGUA.ACT') or (na='b:agua.act') then begin
    { $I SUBH2O.PAS }
    { $I SUBPR5.BOM }
  end;
  if (na='B:LICOR.ACT') or (na='b:licor.act') then begin
    { $I SUBLIC.PAS }
    { $I SUBPR7.BOM }
  end;
end;
end.

```

```

                type
bom1 = record
    Qb, Hp,
    Sa, Mt,
    Ca, Ic :array [1..63] of real;
end;
                { Parte declaratoria de variables }

```

```

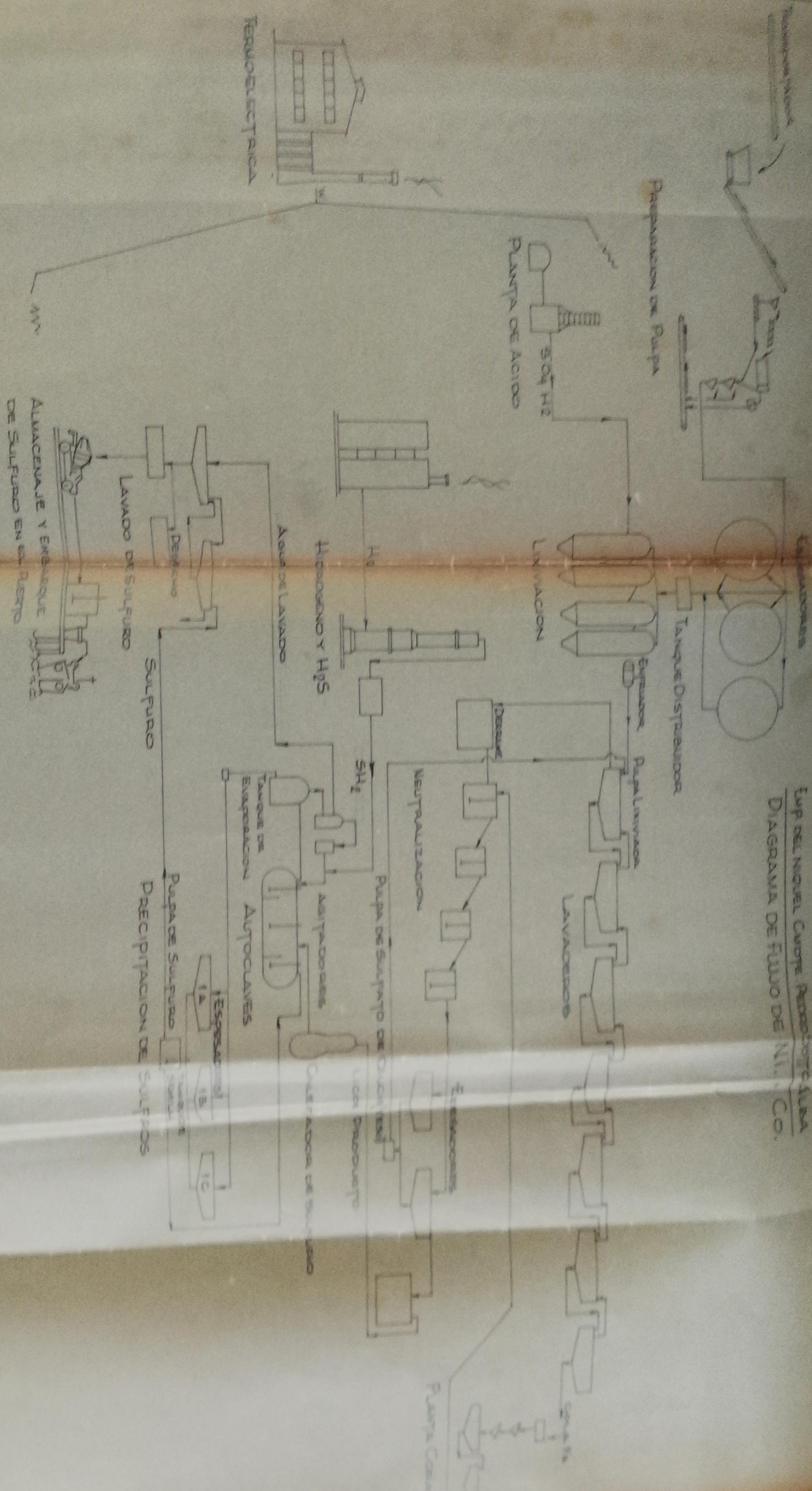
var
    ss1, ss2, ss3, ss4, ss5, ss6, ss7, ss8,
    Ec1, Ec2, Ec3, Ec4,
    De1, De2, De3, De4,
    A1, A2, A3, A4,
    Co1, Co2, Co3, Co4,
    Es1, Es2, Es3, Es4,
    Qbm, Hpm, Qim, Qsm, Him, F5, F6, Sa1, Sa2,
    Sam, Mtm, Cam, Icm, Hsm, Qcm, F8, Mt1, Mt4,
    f1, f2, f4, fa3, Hcm, Fi7, Mt2, Ic4, fsic,
    Er1, Er2, Er3, Er4, fi3, Fc3, Mt3, Hscd, Sa3, Ca11,
    Ds1, Ds2, Ds3, Ds4, fs3, Ic1, Ic2, Ic3, Hslc, Sa4,
    Ca1, Ca2, Ca3, Ca4, Ca5, Ca6, Ca7, Ca8, Ca9, Ca10,
    Qsic, Hsic, Qscd, Qslc, Qsd, Qsr, Hsd, Hsr, fscd, fsic, fsci,
    fcr, Cim, Ccm, Csm, Csic, Qsvr, Qrfs, Hsvr, Hrfs,
    fsvr, frfs, Csvr, Crfs, Ca12, Sa5, Sa6, Mt5, Mt6,
    Ic5, Ic6, Qsc1, Hsc1, Hsld, Csc1, Cslc, Hsvd,
    Cscd, Csvd, Sa7, Sa8, Qsld, fsld, Qsvd, fsvd,
    Ca13, Ca15, Ca16, Ca17, Ca18, Mt7, Mt8, Ic7, Ic8, ft : array [1..63] of real;
                { Variables de las sumatorias reales }
    p1, p2, p3, p4, Su1, Su2, Su3, Su4, pa1, pa2, pa3, pa4,
    c, iv, c2, i2, Dm1, Dm2, Dm3, Dm6, Dm7,
    q, h, s, m, Cm5, Cm6, Dm4, Cm11, Dm5,
    q2, h2, s2, m2, Cm7, Cm8, pc1, pc3, Cm12,
    sq, sh, mq, mh, Cm1, Cm3, pc2, pc4, pc5,
    eq, ch, iq, ih, Cm2, Cm4, Cm9, Cm10, qh, Cm18,
    Dm8, Dm9, Cm13, Cm15, Cm16, Cm17, pc6, pc7, pc8, pc9,
    Cc1, Cc2, Cc3, Cc4, Cc5, Cc6, Cc7, Cc8, Cc9, Cc10,
    Cc11, Cc12, Cc13, Cc14, Cc15, Cc16, Cc17, Cc18,
    Qs1, Qs2, Qs3, Qs4, Qs5, Qs6, Qs7, Qs8, Qs9, Qs10 : real;
                { Variables de calculo reales }
    rsq, rsh, rmq, rmh,
    rcq, rch, ric, rih,
    rsqh, rmqh, rcqh, riqh, rqh : real;
                { Variables de caracteres }
    ni,
    na, is, si,
    ns, nc : string [12];
    f : char;
                { Variables del sistema de ecuaciones }
    t, a : array [1..3, 1..3] of real;
    t1 : array [1..3] of real;
    x1,
    x2, x3 : array [1..4] of real;
    d, d1, d2,
    dx1, dx11, dx12,
    dx2, dx21, dx22,
    dx3, dx31, dx32 : real;
                { Variables enteras y contadoras }
    j,
    n1, n2, n3, n4,
    i, i1, k2,
    j1, k, k1 : integer;
                { Variables del fichero }
    b1, b2, b5 : file of bom1;
    b3, b4, b6 : bom1; { b1 --> b3 }
                                { b2 --> b4 }
                                { b5 --> b6 }
    const p=0.90; { b5 --> b6 }
    te=0.09; En=0.12;

```

{SUBPROGRAMA #4: SALIDA DE DATOS DE LOS FICHEROS }

```
gotoxy(15,4);write('Sustitucion en el funcional:');
gotoxy(10,6);write('Teclee el nombre del:');gotoxy(10,8);
write('1.-Fichero de datos de la Instalacion Inicial...');read(ni);
gotoxy(10,10);
write('2.-Fichero de datos de la instalacion Ital...');read(ns);
gotoxy(10,12);
write('3.-Fichero de datos de la instalacion Sov...');read(nc);
gotoxy(12,14);
write('-Cantidad de bomba en la instalacion inicial...');read(k2);
assign(b1,ni);
reset(b1);
read(b1,b3);
with b3 do
for i:=1 to k2 do begin
Qim[i]:=Qb[i];Him[i]:=Hp[i];Cim[i]:=Ca[i];
end;
close(b1);
assign(b2,ns);
reset(b2);
read(b2,b4);
with b4 do
for i:=1 to k do begin
Qsm[i]:=Qb[i];Hsm[i]:=Hp[i];Csm[i]:=Ca[i];
end;
close(b2);
assign(b5,nc);
reset(b5);
read(b5,b6);
with b6 do
for i:=1 to k do begin
Qcm[i]:=Qb[i];Hcm[i]:=Hp[i];Com[i]:=Ca[i];
end;
close(b5);clrscr;
{Fin}
```

Emp del Niquel Cuore Refractorc Alva
 DIAGRAMA DE FLUJO DE NI. CO.



```

for i:=1 to 5 do begin F1[i]:=0.957; end; { Coef. Sal. }
for i:=6 to 8 do begin F1[i]:=0.904; end;
for i:=9 to 9 do begin F1[i]:=0.590; end;
for i:=10 to 13 do begin F1[i]:=0.781; end;
for i:=14 to 14 do begin F1[i]:=1.132; end;
for i:=15 to 18 do begin F1[i]:=1.228; end;
for i:=19 to 20 do begin F1[i]:=1.012; end;
for i:=21 to 23 do begin F1[i]:=1.226; end;
for i:=1 to 5 do begin F2[i]:=1.863; end; {Mater.}
for i:=6 to 8 do begin F2[i]:=0.688; end;
for i:=9 to 9 do begin F2[i]:=2.079; end;
for i:=10 to 13 do begin F2[i]:=0.230; end;
for i:=14 to 14 do begin F2[i]:=1.370; end;
for i:=15 to 18 do begin F2[i]:=0.971; end;
for i:=19 to 20 do begin F2[i]:=0.665; end;
for i:=21 to 23 do begin F2[i]:=0.350; end;
for i:=1 to 5 do begin Fa3[i]:=0.776; end; {Costo Adquis.}
for i:=6 to 8 do begin Fa3[i]:=0.847; end;
for i:=9 to 9 do begin Fa3[i]:=0.290; end;
for i:=10 to 13 do begin Fa3[i]:=0.177; end;
for i:=14 to 14 do begin Fa3[i]:=0.911; end;
for i:=15 to 18 do begin Fa3[i]:=0.921; end;
for i:=19 to 20 do begin Fa3[i]:=3.478; end;
for i:=21 to 23 do begin Fa3[i]:=1.891; end;
for i:=1 to 5 do begin F4[i]:=1.071; end; { Coef. Icap. }
for i:=6 to 8 do begin F4[i]:=0.536; end;
for i:=9 to 9 do begin F4[i]:=2.457; end;
for i:=10 to 13 do begin F4[i]:=0.483; end;
for i:=14 to 14 do begin F4[i]:=0.753; end;
for i:=15 to 18 do begin F4[i]:=0.881; end;
for i:=19 to 20 do begin F4[i]:=1.433; end;
for i:=21 to 23 do begin F4[i]:=1.401; end;
for i:=1 to 5 do begin ft[i]:=3072; end; {Fondo de tiempo}
for i:=6 to 8 do begin ft[i]:=2800; end;
for i:=9 to 10 do begin ft[i]:=2800; end;
for i:=11 to 12 do begin ft[i]:=4200; end;
for i:=13 to 13 do begin ft[i]:=2800; end;
for i:=14 to 20 do begin ft[i]:=4200; end;
for i:=21 to 23 do begin ft[i]:=2800; end;

```

```

textcolor(15);
clrscr;          { Entrada de datos y calculos }
gotoxy(10,4);write('Desea llenar un fichero datos (S/N)...');
read(f);
gotoxy(10,6);write('La instalacion destinada para: ');
read(na);clrscr;
if (f='S') or (f='s') then begin
gotoxy(10,4);write('El fichero a crear es:');
gotoxy(10,6);write('1.- La instalacion actual. ');
gotoxy(10,8);write('2.- La instalacion inicial o sustitucion. ');
gotoxy(15,10);write('Seleccione...');read(j1);
gotoxy(10,12);write('Teclee el nombre del fichero...');
read(na);
gotoxy(10,14);write('Ctd. de bombas por unidad de bombeo...');
read(k);clrscr;
if j1=1 then begin
assign (b1,na);
rewrite (b1);
with b3 do
for i:=1 to k do { Entrada de datos para las instalaciones }
begin
gotoxy(20,4);write('Entrada de datos al fichero:');
gotoxy(15,7);write('Caudal (m^3/h) --> Q('i,')= ');
read(Qb[i]);
gotoxy(15,9);write('Altura_pres. (kPa) --> H('i,')= ');
read(Hp[i]);
gotoxy(15,11);write('Salario ($) --> Sal('i,')= ');
read(Sa[i]);
gotoxy(15,13);write('Materiales ($) --> Mt('i,')= ');
read(Mt[i]);
gotoxy(15,15);write('Costo adq. (Dollar o Rub) --> Ca('i,')= ');
read(Ca[i]);
gotoxy(15,17);write('Inv. cap. ($) --> Ic('i,')= ');
read(Ic[i]);clrscr;end;
write (b1,b3);
close (b1);end else begin
assign (b2,na);
rewrite (b2);
with b4 do
for i:=1 to k do begin
gotoxy(20,4);write('Entrada de datos al fichero:');
gotoxy(15,7);write('Caudal (m^3/h) --> Q('i,')= ');
read(Qb[i]);
gotoxy(15,9);write('Altura_pres. (kPa) --> H('i,')= ');
read(Hp[i]);
gotoxy(15,15);write('Costo adq. (Dollar o Rub) --> Ca('i,')= ');
read(Ca[i]);clrscr;end;
write (b2,b4);
close (b2);end;end else begin
gotoxy(10,4);write('Teclee el nombre del fichero...');
read(na);
gotoxy(10,6);write('Ctd. de bombas por unidad de bombeo...');
read(k);
END;
assign (b1,na);
reset (b1);
read (b1,b3);
with b3 do
for i:=1 to k do
begin          { Sumatoria de asignacion }
Qbm[i]:=Qb[i];Hpm[i]:=Hp[i];
WRITELN('QBM',I:2,'J=' ,QBM[i],          HPMC',I:2,'J=' ,HPM[i]);
Sam[i]:=Sa[i];Mtm[i]:=Mt[i];
WRITELN('SAM',I:2,'J=' ,SAM[i],          MTME',I:2,'J=' ,MTM[i]);
Cam[i]:=Ca[i];Icm[i]:=Ic[i];
WRITELN('CAM',I:2,'J=' ,CAM[i],          ICMC',I:2,'J=' ,ICM[i]);
end;
close(b1);
Q:=0;H:=0;S:=0;M:=0;C:=0;IV:=0;
SQ:=0;SH:=0;MQ:=0;MH:=0;CQ:=0;CH:=0;
IQ:=0;IH:=0;Q2:=0;H2:=0;S2:=0;M2:=0;C2:=0;
I2:=0;QH:=0;
for i:=1 to k do { Sumatoria de calculo }
begin
q:=q+Qbm[i];h:=h+Hpm[i];s:=s+Sam[i];m:=m+Mtm[i];
c:=c+Cam[i];iv:=iv+Icm[i];
sq:=sq+Sam[i]*Qbm[i];sh:=sh+Sam[i]*Hpm[i];
mq:=mq+Mtm[i]*Qbm[i];mh:=mh+Mtm[i]*Hpm[i];
cq:=cq+Cam[i]*Qbm[i];ch:=ch+Cam[i]*Hpm[i];
iq:=iq+Icm[i]*Qbm[i];ih:=ih+Icm[i]*Hpm[i];
q2:=q2+sqr(Qbm[i]);h2:=h2+sqr(Hpm[i]);
s2:=s2+sqr(Sam[i]);m2:=m2+sqr(Mtm[i]);
c2:=c2+sqr(Cam[i]);i2:=i2+sqr(Icm[i]);
qh:=qh+Qbm[i]*Hpm[i];
end;
WRITELN('K = ',K,'      Q = ',Q,'      H = ',H);
WRITELN('Q = ',Q,'      Q2 = ',Q2,'      QH = ',QH);
WRITELN('H = ',H,'      QH = ',QH,'      H2 = ',H2);

```

{ FIN }

{ SUBPROGRAMA #2: CALCULOS DE LOS COEFICIENTES DE CORRELACION }

{ Formulas para los calculos }

```

rsq:=sq/sqrt(s2*q2);rsh:=sh/sqrt(s2*h2);
rmq:=mq/sqrt(m2*q2);rmh:=mh/sqrt(m2*h2);
rcq:=cq/sqrt(c2*q2);rch:=ch/sqrt(c2*h2);
riq:=iq/sqrt(i2*q2);rih:=ih/sqrt(i2*h2);
rqh:=qh/sqrt(q2*h2);
WRITELN('RQH=',RQH);

```

{ Formula de los coe. de la corr. multiple }

```

IF sqr(rsq)+sqr(rsh)-2*rsq*rsh*rqh=1-SQR(RQH) THEN RSQH:=1
ELSE
rsqh:=sqrt((sqr(rsq)+sqr(rsh)-2*rsq*rsh*rqh)/(1-sqr(rqh)));
IF sqr(rmq)+sqr(rmh)-2*rmq*rmh*rqh=1-SQR(RQH) THEN RMQH:=1
ELSE
rmqh:=sqrt((sqr(rmq)+sqr(rmh)-2*rmq*rmh*rqh)/(1-sqr(rqh)));
IF sqr(rcq)+sqr(rch)-2*rcq*rch*rqh=1-SQR(RQH) THEN RCQH:=1
ELSE
rcqh:=sqrt((sqr(rcq)+sqr(rch)-2*rcq*rch*rqh)/(1-sqr(rqh)));
IF sqr(riq)+sqr(rih)-2*riq*rih*rqh=1-SQR(RQH) THEN RIQH:=1
ELSE
riqh:=sqrt((sqr(riq)+sqr(rih)-2*riq*rih*rqh)/(1-sqr(rqh)));
writeLn(1st);

```

```

writeLn(1st,'
writeLn(1st);
writeLn(1st,'
writeLn(1st,'
writeLn(1st,'

```

COEFICIENTES DE CORRELACION DE LA INSTALACION DE: ',is) *

- 1.- Gasto en Salario = f(Q, H) --> R = ',rsqh:3:2);writeLn(1st);
- 2.- Gasto en Materiales = f(Q, H) --> R = ',rmqh:3:2);writeLn(1st);
- 3.- Costo de Adq. = f(Q, H) --> R = ',rcqh:3:2);writeLn(1st);
- 4.- Inversiones Cap. = f(Q, H) --> R = ',riqh:3:2);writeLn(1st);

{ FIN }

{ SUBPROGRAMA #3: CALCULO DE LOS SISTEMAS DE ECUACIONES }

```
t[1,1]:=k;t[1,2]:=q;t[1,3]:=h;  
t[2,1]:=q;t[2,2]:=q2;t[2,3]:=qh;  
t[3,1]:=h;t[3,2]:=qh;t[3,3]:=h2;
```

```
for i1:=1 to 4 do begin
```

```
  if i1=1 then begin  
    ti[1]:=s;ti[2]:=sq;ti[3]:=sh; end;
```

```
  if i1=2 then begin  
    ti[1]:=m;ti[2]:=mq;ti[3]:=mh; end;
```

```
  if i1=3 then begin  
    ti[1]:=c;ti[2]:=cq;ti[3]:=ch; end;
```

```
  if i1=4 then begin  
    ti[1]:=iv;ti[2]:=iq;ti[3]:=ih; end;
```

```
    { Determinante D }
```

```
d1:=t[1,1]*t[2,2]*t[3,3]+t[1,2]*t[2,3]*t[3,1]+t[1,3]*t[2,1]*t[3,2];  
d2:=-t[1,3]*t[2,2]*t[3,1]-t[1,1]*t[2,3]*t[3,2]-t[1,2]*t[2,1]*t[3,3];  
d:=d1+d2;
```

```
    { Determinate DX1 }
```

```
dx11:=ti[1]*t[2,2]*t[3,3]+t[1,2]*t[2,3]*ti[3]+t[1,3]*ti[2]*t[2,3];  
dx12:=-t[1,3]*t[2,2]*ti[3]-ti[1]*t[2,3]*t[3,2]-t[1,2]*ti[2]*t[3,3];  
dx1:=dx11+dx12;
```

```
    { Determinante DX2 }
```

```
dx21:=t[1,1]*ti[2]*t[3,3]+ti[1]*t[2,3]*t[3,1]+t[1,3]*t[2,1]*ti[3];  
dx22:=-t[1,3]*ti[2]*t[3,1]-t[1,1]*t[2,3]*ti[3]-ti[1]*t[2,1]*t[3,3];  
dx2:=dx21+dx22;
```

```
    { Determinante DX3 }
```

```
dx31:=t[1,1]*t[2,2]*ti[3]+t[1,2]*ti[2]*t[3,1]+ti[1]*t[2,1]*t[3,2];  
dx32:=-ti[1]*t[2,2]*t[3,1]-t[1,1]*ti[2]*t[3,2]-t[1,2]*t[2,1]*ti[3];  
dx3:=dx31+dx32;
```

```
    { Raices de la ecuacion x1,x2,x3 }
```

```
  IF D<>0 THEN BEGIN
```

```
    x1[i1]:=dx1/d;x2[i1]:=dx2/d;x3[i1]:=dx3/d;
```

```
  END ELSE BEGIN
```

```
    X1[i1]:=DX1;
```

```
    X2[i1]:=DX2;
```

```
    X3[i1]:=DX3;
```

```
  END;
```

```
WRITELN(' X1[',I1:1,']=',X1[I1]);
```

```
WRITELN(' X2[',I1:1,']=',X2[I1]);
```

```
WRITELN(' X3[',I1:1,']=',X3[I1]);
```

```
end;writeln(lst);
```

```
writeln(lst, '  
```

```
writeln(lst);
```

```
  ECUACIONES DE REGRESION PARA : ');writeln(lst);
```

```
  Salario --> S = f(Q,H):');writeln(lst);
```

```
    Sa = ',x1[1]:6:2,' + (Q)',x2[1]:6:2,' + (H)',x3[1]:6:2);writeln(lst);
```

```
  Materiales --> M = f(Q,H):');writeln(lst);
```

```
    Mt = ',x1[2]:6:2,' + (Q)',x2[2]:6:2,' + (H)',x3[2]:6:2);writeln(lst);
```

```
  Costo de adq. --> Ca = f(Q,H):');writeln(lst);
```

```
    Ca = ',x1[3]:6:2,' + (Q)',x2[3]:6:2,' + (H)',x3[3]:6:2);writeln(lst);
```

```
  Inversiones cap. --> Iv = f(Q,H):');writeln(lst);
```

```
    Iv = ',x1[4]:6:2,' + (Q)',x2[4]:6:2,' + (H)',x3[4]:6:2);writeln(lst);
```

```

for i:=1 to k do
begin
  (Formulas de comprobacion)
  (Sust.) Ec1[i]:=a1[i]+x2[i]*b1[i]+x3[i]*c1[i]+x4[i]*d1[i];
  Ec2[i]:=a2[i]+x2[i]*b2[i]+x3[i]*c2[i]+x4[i]*d2[i];
  Ec3[i]:=a3[i]+x2[i]*b3[i]+x3[i]*c3[i]+x4[i]*d3[i];
  Ec4[i]:=a4[i]+x2[i]*b4[i]+x3[i]*c4[i]+x4[i]*d4[i];
end;
Su1:=0; Su2:=0; Su3:=0;
for i:=1 to k do
begin
  if Min[i]>50 (and (Max[i]<20000.01)) then begin
  (Sust.) De1[i]:=Sam[i]-Ec1[i];
  De2[i]:=Mtm[i]-Ec2[i];
  De3[i]:=Cam[i]-Ec3[i];
  De4[i]:=Icm[i]-Ec4[i];
  A1[i]:=De1[i]/Ec1[i];
  A2[i]:=De2[i]/Ec2[i];
  A3[i]:=De3[i]/Ec3[i];
  A4[i]:=De4[i]/Ec4[i];
  Co1[i]:=A1[i]+1;
  Co2[i]:=A2[i]+1;
  Co3[i]:=A3[i]+1;
  Co4[i]:=A4[i]+1;
  Su1:=Su1+Co1[i];
  Su2:=Su2+Co2[i];
  Su3:=Su3+Co3[i];
  Su4:=Su4+Co4[i];
  ss1[i]:=Ec1[i]/Sam[i]*100;
  ss2[i]:=Ec2[i]/Mtm[i]*100;
  ss3[i]:=Ec3[i]/Cam[i]*100;
  ss4[i]:=Ec4[i]/Icm[i]*100;
end;
end;
pa1:=Su1/k; pa2:=Su2/k; pa3:=Su3/k; pa4:=Su4/k;
writeln(Lst,'pa1=',pa1:3:3);
writeln(Lst,'pa2=',pa2:3:3);
writeln(Lst,'pa3=',pa3:3:3);
writeln(Lst,'pa4=',pa4:3:3);read(k1);
writeln(Lst);
writeln(Lst);
for i:=1 to k do
begin
  (Multiplicando por el Coeficiente)
  (Sust.) Es1[i]:=x1[i]+x2[i]*b1[i]+x3[i]*c1[i]+x4[i]*d1[i]*pa1;
  Es2[i]:=x1[i]+x2[i]*b2[i]+x3[i]*c2[i]+x4[i]*d2[i]*pa2;
  Es3[i]:=x1[i]+x2[i]*b3[i]+x3[i]*c3[i]+x4[i]*d3[i]*pa3;
  Es4[i]:=x1[i]+x2[i]*b4[i]+x3[i]*c4[i]+x4[i]*d4[i]*pa4;
  Ds1[i]:=Sam[i]-Es1[i];
  Ds2[i]:=Mtm[i]-Es2[i];
  Ds3[i]:=Cam[i]-Es3[i];
  Ds4[i]:=Icm[i]-Es4[i];
  ss5[i]:=Es1[i]/Sam[i]*100;
  ss6[i]:=Es2[i]/Mtm[i]*100;
  ss7[i]:=Es3[i]/Cam[i]*100;
  ss8[i]:=Es4[i]/Icm[i]*100;
end;
  ( for n1:=1 to 4 do begin
  if n1=1 then begin n2:=1;n3:=15;J:=5;end;
  if n1=2 then begin n2:=16;n3:=30;J:=-10;end;
  if n1=3 then begin n2:=31;n3:=45;J:=-25;end;
  if n1=4 then begin n2:=46;n3:=60;J:=-40;end;
  );
  N2:=1;
  (Impresion de la Comprobacion)
  ( BEGIN
  writeln(Lst,'Comprobacion de: --> S=f(Q,H)');
  write(Lst,'Sin el coef.:');
  writeln(Lst,' ', 'Con el coef.:');
  for i:=n2 to k do
  begin
    write(Lst, Ec1[i]:6:2, ' -->', Sam[i]:6:2, ' -->', De1[i]:4:2, ' ', ss1[i]:3:0, ' ');
    writeln(Lst, Es1[i]:6:2, ' -->', Sam[i]:6:2, ' -->', Ds1[i]:4:2, ' ', ss5[i]:3:0);
  end;
  write('Continue...');read(k1);
  clrscr;
  writeln(Lst,'Comprobacion de: --> M= f(Q,H)');
  write(Lst,'Sin el coef.:');
  writeln(Lst,' ', 'Con el coef.:');
  for i:=n2 to k do
  begin
    write(Lst, Ec2[i]:6:2, ' -->', Mtm[i]:6:2, ' -->', De2[i]:4:2, ' ', ss2[i]:3:0, ' ');
    writeln(Lst, Es2[i]:6:2, ' -->', Mtm[i]:6:2, ' -->', Ds2[i]:4:2, ' ', ss6[i]:3:0);
  end;
  write('Continue...');read(k1);
  clrscr;
  writeln(Lst,'Comprobacion de: --> C=f(Q,H)');
  write(Lst,'Sin el coef.:');
  writeln(Lst,' ', 'Con el coef.:');
  for i:=n2 to k do
  begin
    write(Lst, Ec3[i]:6:2, ' -->', Cam[i]:6:2, ' -->', De3[i]:4:2, ' ', ss3[i]:3:0, ' ');
    writeln(Lst, Es3[i]:6:2, ' -->', Cam[i]:6:2, ' -->', Ds3[i]:4:2, ' ', ss7[i]:3:0);
  end;
  write('Continue...');read(k1);
  clrscr;
  writeln(Lst,'Comprobacion de: --> I =f(Q,H)');
  write(Lst,'Sin el coef.:');
  writeln(Lst,' ', 'Con el coef.:');
  for i:=n2 to k do
  begin
    write(Lst, Ec4[i]:6:2, ' -->', Icm[i]:6:2, ' -->', De4[i]:4:2, ' ', ss4[i]:3:0, ' ');
    writeln(Lst, Es4[i]:6:2, ' -->', Icm[i]:6:2, ' -->', Ds4[i]:4:2, ' ', ss8[i]:3:0);
  end;
  clrscr;
end;
)
CLRSCR;

```

PROGRAMA #5: CALCULO ECONOMICO DE LA INSTALACION DE AGUA

```

Cm2:=0; Cm3:=0; Cm4:=0; Cm5:=0;
Cm7:=0; Cm8:=0; Cm10:=0;
i:=1 to k do begin
  J:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qbm[i]+ x3[i]*Hpm[i])*F1[i]);
  Er1[i]:=Sam[i]-Er1[i];
  J:=abs((x1[2]+ x2[2]*Qbm[i]+ x3[2]*Hpm[i])*F2[i]);
  Er2[i]:=Mtm[i]-Er2[i];
  J:=abs((x1[3]+ x2[3]*Qbm[i]+ x3[3]*Hpm[i])*F3[i]);
  Er3[i]:=Cam[i]-Er3[i];
  J:=abs((x1[4]+ x2[4]*Qbm[i]+ x3[4]*Hpm[i])*F4[i]);
  Er4[i]:=Icm[i]-Er4[i];
  J:=(Hpm[i]*(Qbm[i]/3600)*ft[i]*te+x1[i]*p*F1[i]+ x1[2]*p*F2[i]+ x1[3]*p*F3[i]+ x1[4]*p*F4[i]+
  J)*p*F1[i]+ x2[2]*p*F2[i]+ x2[3]*p*F3[i]+ x2[4]*p*F4[i])*Qbm[i]+
  J)*p*F1[i]+ x3[2]*p*F2[i]+ x3[3]*p*F3[i]+ x3[4]*p*F4[i])*Hpm[i])/(Qbm[i]*ft[i]);
  Cm1+ Ca1[i];
  J:=(Him[i]*(Qim[i]/3600)*ft[i]*te+x1[i]*p*F1[i]+ x1[2]*p*F2[i]+ x1[3]*p*F3[i]+ x1[4]*p*F4[i]+
  J)*p*F1[i]+ x2[2]*p*F2[i]+ x2[3]*p*F3[i]+ x2[4]*p*F4[i])*Qim[i]+
  J)*p*F1[i]+ x3[2]*p*F2[i]+ x3[3]*p*F3[i]+ x3[4]*p*F4[i])*Him[i])/(Qim[i]*ft[i]);
  Cm2+ Ca2[i];
  J:=(Hsm[i]*(Qsm[i]/3600)*ft[i]*te+x1[i]*p*F1[i]+ x1[2]*p*F2[i]+ x1[3]*p*F3[i]+ x1[4]*p*F4[i]+
  J)*p*F1[i]+ x2[2]*p*F2[i]+ x2[3]*p*F3[i]+ x2[4]*p*F4[i])*Qsm[i]+
  J)*p*F1[i]+ x3[2]*p*F2[i]+ x3[3]*p*F3[i]+ x3[4]*p*F4[i])*Hsm[i])/(Qsm[i]*ft[i]);
  Cm3+ Ca3[i];
  J:=(Hcm[i]*(Qcm[i]/3600)*ft[i]*te+x1[i]*p*F1[i]+ x1[2]*p*F2[i]+ x1[3]*p*F3[i]+ x1[4]*p*F4[i]+
  J)*p*F1[i]+ x2[2]*p*F2[i]+ x2[3]*p*F3[i]+ x2[4]*p*F4[i])*Qcm[i]+
  J)*p*F1[i]+ x3[2]*p*F2[i]+ x3[3]*p*F3[i]+ x3[4]*p*F4[i])*Hcm[i])/(Qcm[i]*ft[i]);
  Cm4+ Ca4[i];
  J:=(Hsic[i]*(Qsic[i]/3600)*ft[i]*te+x1[i]*p*F1[i]+ x1[2]*p*F2[i]+ x1[3]*p*F3[i]+ x1[4]*p*F4[i]+
  J)*p*F1[i]+ x2[2]*p*F2[i]+ x2[3]*p*F3[i]+ x2[4]*p*F4[i])*Qsic[i]+
  J)*p*F1[i]+ x3[2]*p*F2[i]+ x3[3]*p*F3[i]+ x3[4]*p*F4[i])*Hsic[i])/(Qsic[i]);
  Cm5+ Ca5[i];
}
clrscr;
aln(1st,' COMPROBACION DE LAS ECUACIONES DE REGRESION');writeln(1st);
e(1st,' Calc --> Real --> Dest Calc --> Real --> Dest');
e(1st,' Calc --> Real --> Dest. ');
aln(1st,' Calc --> Real --> Dest. ');writeln(1st);
i:=1 to k do begin
  i,' -> ',Er1[i]:6:2,' -> ',Sam[i]:6:2,' -> ',Ds1[i]:6:2,' ');
  e(1st,Er2[i]:6:2,' -> ',Mtm[i]:6:2,' -> ',Ds2[i]:6:2,' ');
  e(1st,Er3[i]:8:2,' -> ',Cam[i]:8:2,' -> ',Ds3[i]:6:2,' ');
  e(1st,Er4[i]:6:2,' -> ',Icm[i]:6:2,' -> ',Ds4[i]:6:2,' '); end;
i:=1 to k do begin
  J:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qim[i]+ x3[i]*Him[i])*F1[i]);
  J:=abs((x1[2]+ x2[2]*Qim[i]+ x3[2]*Him[i])*F2[i]);
  J:=abs((x1[4]+ x2[4]*Qim[i]+ x3[4]*Him[i])*F4[i]);
  J:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qsm[i]+ x3[i]*Hsm[i])*F1[i]);
  J:=abs((x1[2]+ x2[2]*Qsm[i]+ x3[2]*Hsm[i])*F2[i]);
  J:=abs((x1[4]+ x2[4]*Qsm[i]+ x3[4]*Hsm[i])*F4[i]);
  J:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qcm[i]+ x3[i]*Hcm[i])*F1[i]);
  J:=abs((x1[2]+ x2[2]*Qcm[i]+ x3[2]*Hcm[i])*F2[i]);
  J:=abs((x1[4]+ x2[4]*Qcm[i]+ x3[4]*Hcm[i])*F4[i]);
  J:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qsic[i]+ x3[i]*Hsic[i])*F1[i]);
  J:=abs((x1[2]+ x2[2]*Qsic[i]+ x3[2]*Hsic[i])*F2[i]);
  J:=abs((x1[4]+ x2[4]*Qsic[i]+ x3[4]*Hsic[i])*F4[i]);
  J:=(Hpm[i]*(Qbm[i]/3600)*ft[i]*te+ Sam[i]*p+ Icm[i]*Ei*p+ Mtm[i]*p+ Cam[i]*p)/(Qbm[i]*ft[i]);
  Cm6+ Ca6[i];
  J:=Him[i]*(Qim[i]/3600)*ft[i]*te+ Sa1[i]*p+ Ic1[i]*Ei*p+ Mt1[i]*p+ Cim[i];
  Cm7+ Ca7[i];
  J:=Hsm[i]*(Qsm[i]/3600)*ft[i]*te*p+ Sa2[i]*p+ Ic2[i]*Ei*p+ Mt2[i]*p+ Csm[i];
  Cm8+ Ca8[i];
  J:=Hcm[i]*(Qcm[i]/3600)*ft[i]*te*p+ Sa3[i]*p+ Ic3[i]*Ei*p+ Mt3[i]*p+ Ccm[i];
  Cm9+ Ca9[i];
  J:=Hsic[i]*(Qsic[i]/3600)*ft[i]*te*p+ Sa4[i]*p+ Ic4[i]*Ei*p+ Mt4[i]*p+ Csic[i];
  Cm10+ Ca10[i];
}
abs(Cm1-Cm6); ( Dm2:=abs(Cm2-Cm7); )
abs(Cm3-Cm8); Dm4:=abs(Cm4-Cm9);
abs(Cm5-Cm10); }
(Dm1/Cm1)*100; ( pc2:=(Dm2/Cm2)*100; )
(Dm3/Cm3)*100; pc4:=(Dm4/Cm4)*100;
(Dm5/Cm5)*100; }

```

COMPROBACION DE LAS VARIANTES DE INSTALACION

```

(1st,' Ins. actual --> ');write(1st,' Cmin (f. teor)=',Cm1:8:2,' Rub/(m^3/h) ');
(1st,' --> Cmin (f. real)=',Cm6:8:2,' Rub/(m^3/h) --> ');
n(1st,' D. est. =',Dm1:6:2,' --> Error=',pc1:3:2,' %');writeln(1st);
(1st,' Inst. sust. Var1 --> ');writeln(1st,' Cmin (f. teor)=',Cm2:8:2,' Rub/(m^3/h) ');
(1st,' --> Cmin (f. real)=',Cm7:8:2,' Rub/(m^3/h) --> ');
n(1st,' D. est. =',Dm2:6:2,' --> Error=',pc2:3:2,' %');writeln(1st);
(1st,' Inst. sust. Var2 --> ');writeln(1st,' Cmin (f. teor)=',Cm3:8:2,' Rub/(m^3/h) ');writeln(1st);
(1st,' --> Cmin (f. real)=',Cm8:8:2,' Rub/(m^3/h) --> ');
n(1st,' D. est. =',Dm3:6:2,' --> Error=',pc3:2:2,' %');writeln(1st);
(1st,' Inst. sust. Var3 --> ');writeln(1st,' Cmin (f. teor)=',Cm4:8:2,' Rub/(m^3/h) ');writeln(1st);
(1st,' --> Cmin (f. real)=',Cm9:8:2,' Rub/(m^3/h) --> ');
n(1st,' D. est. =',Dm4:6:2,' --> Error=',pc4:3:2,' %');writeln(1st);
(1st,' Inst. sust. SOV-CERP-INGERS. --> ');write(1st,' Cmin (f. teor)=',Cm5:8:2,' Rub/(m^3/h) ');
(1st,' --> Cmin (f. real)=',Cm10:8:2,' Rub/(m^3/h) --> ');
n(1st,' D. est. =',Dm5:6:2,' --> Error=',pc5:3:2,' %');

```

< SUBPROGRAMA #5: CALCULO ECONOMICO DE LA INSTALACION DE AGUA >

```
Cm1:=0; Cm2:=0; Cm3:=0; Cm4:=0; Cm5:=0;
Cm6:=0; Cm7:=0; Cm8:=0; Cm10:=0;
for i:=1 to k do begin
Er1[i]:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qbm[i]+ x3[i]*Hpm[i])*F1[i]);
Ds1[i]:=Sam[i]-Er1[i];
Er2[i]:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qbm[i]+ x3[i]*Hpm[i])*F2[i]);
Ds2[i]:=Mtm[i]-Er2[i];
Er3[i]:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qbm[i]+ x3[i]*Hpm[i])*F3[i]);
Ds3[i]:=Cam[i]-Er3[i];
Er4[i]:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qbm[i]+ x3[i]*Hpm[i])*F4[i]);
Ds4[i]:=Icm[i]-Er4[i];
Ca1[i]:=(Hpm[i]*(Qbm[i]/3600)*ft[i]*te+x1[i]*p*F1[i]+ x1[i]*p*F2[i]+ x1[i]*p*F3[i]+ x1[i]*p*F4[i]+
(x2[i]*p*F1[i]+ x2[i]*p*F2[i]+ x2[i]*p*F3[i]+ x2[i]*p*F4[i])*Qbm[i]+
(x3[i]*p*F1[i]+ x3[i]*p*F2[i]+ x3[i]*p*F3[i]+ x3[i]*p*F4[i])*Hpm[i])/(Qbm[i]*ft[i]);
Cm1:=Cm1+ Ca1[i];
Ca2[i]:=(Him[i]*(Qim[i]/3600)*ft[i]*te+x1[i]*p*F1[i]+ x1[i]*p*F2[i]+ x1[i]*p*F3[i]+ x1[i]*p*F4[i]+
(x2[i]*p*F1[i]+ x2[i]*p*F2[i]+ x2[i]*p*F3[i]+ x2[i]*p*F4[i])*Qim[i]+
(x3[i]*p*F1[i]+ x3[i]*p*F2[i]+ x3[i]*p*F3[i]+ x3[i]*p*F4[i])*Him[i])/(Qim[i]*ft[i]);
Cm2:=Cm2+ Ca2[i];
Ca3[i]:=(Hsm[i]*(Qsm[i]/3600)*ft[i]*te+x1[i]*p*F1[i]+ x1[i]*p*F2[i]+ x1[i]*p*F3[i]+ x1[i]*p*F4[i]+
(x2[i]*p*F1[i]+ x2[i]*p*F2[i]+ x2[i]*p*F3[i]+ x2[i]*p*F4[i])*Qsm[i]+
(x3[i]*p*F1[i]+ x3[i]*p*F2[i]+ x3[i]*p*F3[i]+ x3[i]*p*F4[i])*Hsm[i])/(Qsm[i]*ft[i]);
Cm3:=Cm3+ Ca3[i];
Ca4[i]:=(Hcm[i]*(Qcm[i]/3600)*ft[i]*te+x1[i]*p*F1[i]+ x1[i]*p*F2[i]+ x1[i]*p*F3[i]+ x1[i]*p*F4[i]+
(x2[i]*p*F1[i]+ x2[i]*p*F2[i]+ x2[i]*p*F3[i]+ x2[i]*p*F4[i])*Qcm[i]+
(x3[i]*p*F1[i]+ x3[i]*p*F2[i]+ x3[i]*p*F3[i]+ x3[i]*p*F4[i])*Hcm[i])/(Qcm[i]*ft[i]);
Cm4:=Cm4+ Ca4[i];
Ca5[i]:=(Hsic[i]*(Qsic[i]/3600)*ft[i]*te+x1[i]*p*F1[i]+ x1[i]*p*F2[i]+ x1[i]*p*F3[i]+ x1[i]*p*F4[i]+
(x2[i]*p*F1[i]+ x2[i]*p*F2[i]+ x2[i]*p*F3[i]+ x2[i]*p*F4[i])*Qsic[i]+
(x3[i]*p*F1[i]+ x3[i]*p*F2[i]+ x3[i]*p*F3[i]+ x3[i]*p*F4[i])*Hsic[i])/(Qsic[i]);
Cm5:=Cm5+ Ca5[i];
end;clrscr;
writeln(1st, ' COMPROBACION DE LAS ECUACIONES DE REGRESION');writeln(1st);
write(1st, ' Calc --> Real --> Dest Calc --> Real --> Dest');
write(1st, ' Calc --> Real --> Dest. ');
writeln(1st, ' Calc --> Real --> Dest. ');writeln(1st);
for i:=1 to k do begin
write
(1st, i, '-> ', Er1[i]:7:2, ' -> ', Sam[i]:6:2, ' -> ', Ds1[i]:6:2, ' ');
write(1st, Er2[i]:6:2, ' -> ', Mtm[i]:6:2, ' -> ', Ds2[i]:6:2, ' ');
write(1st, Er3[i]:8:2, ' -> ', Cam[i]:8:2, ' -> ', Ds3[i]:6:2, ' ');
writeln(1st, Er4[i]:6:2, ' -> ', Icm[i]:6:2, ' -> ', Ds4[i]:6:2); end;
for i:=1 to k do begin
Sa1[i]:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qim[i]+ x3[i]*Him[i])*F1[i]);
Mt1[i]:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qim[i]+ x3[i]*Him[i])*F2[i]);
Ic1[i]:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qim[i]+ x3[i]*Him[i])*F4[i]);
Sa2[i]:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qsm[i]+ x3[i]*Hsm[i])*F1[i]);
Mt2[i]:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qsm[i]+ x3[i]*Hsm[i])*F2[i]);
Ic2[i]:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qsm[i]+ x3[i]*Hsm[i])*F4[i]);
Sa3[i]:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qcm[i]+ x3[i]*Hcm[i])*F1[i]);
Mt3[i]:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qcm[i]+ x3[i]*Hcm[i])*F2[i]);
Ic3[i]:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qcm[i]+ x3[i]*Hcm[i])*F4[i]);
Sa4[i]:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qsic[i]+ x3[i]*Hsic[i])*F1[i]);
Mt4[i]:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qsic[i]+ x3[i]*Hsic[i])*F2[i]);
Ic4[i]:=abs((x1[i]+ x2[i]*Qsic[i]+ x3[i]*Hsic[i])*F4[i]);
Ca6[i]:=(Hpm[i]*(Qbm[i]/3600)*ft[i]*te+ Sam[i]*p+ Icm[i]*p+ Mtm[i]*p+ Cam[i]*p)/(Qbm[i]*ft[i]);
Cm6:=Cm6+ Ca6[i];
Ca7[i]:=(Him[i]*(Qim[i]/3600)*ft[i]*te+ Sa1[i]*p+ Ic1[i]*p+ Mt1[i]*p+ Cim[i];
Cm7:=Cm7+ Ca7[i];
Ca8[i]:=(Hsm[i]*(Qsm[i]/3600)*ft[i]*te+ Sa2[i]*p+ Ic2[i]*p+ Mt2[i]*p+ Csm[i];
Cm8:=Cm8+ Ca8[i];
Ca9[i]:=(Hcm[i]*(Qcm[i]/3600)*ft[i]*te+ Sa3[i]*p+ Ic3[i]*p+ Mt3[i]*p+ Ccm[i];
Cm9:=Cm9+ Ca9[i];
Ca10[i]:=(Hsic[i]*(Qsic[i]/3600)*ft[i]*te+ Sa4[i]*p+ Ic4[i]*p+ Mt4[i]*p+ Csic[i];
Cm10:=Cm10+ Ca10[i];
end;
Dm1:=abs(Cm1-Cm6); ( Dm2:=abs(Cm2-Cm7); )
Dm3:=abs(Cm3-Cm8); Dm4:=abs(Cm4-Cm9);
Dm5:=abs(Cm5-Cm10);
pc1:=(Dm1/Cm1)*100; ( pc2:=(Dm2/Cm2)*100; )
pc3:=(Dm3/Cm3)*100; pc4:=(Dm4/Cm4)*100;
pc5:=(Dm5/Cm5)*100;
writeln(1st, ' COMPARACION DE LAS VARIANTES DE INSTALACION');writeln(1st);
write(1st, ' Ins. actual --> ');write(1st, ' Cmin (f. teor)=', Cm1:8:2, ' Rub/(m^3/h) ');
write(1st, ' --> Cmin (f. real)=', Cm6:8:2, ' Rub/(m^3/h) --> ');
writeln(1st, ' D. est. =', Dm1:6:2, ' --> Error=', pc1:3:2, ' %');writeln(1st);
write(1st, ' Inst. sust. Var1 --> ');writeln(1st, ' Cmin (f. teor)=', Cm2:8:2, ' Rub/(m^3/h) ');
write(1st, ' --> Cmin (f. real)=', Cm7:8:2, ' Rub/(m^3/h) --> ');
writeln(1st, ' D. est. =', Dm2:6:2, ' --> Error=', pc2:3:2, ' %');writeln(1st);
write(1st, ' Inst. sust. Var2 --> ');writeln(1st, ' Cmin (f. teor)=', Cm3:8:2, ' Rub/(m^3/h) ');
write(1st, ' --> Cmin (f. real)=', Cm8:8:2, ' Rub/(m^3/h) --> ');
writeln(1st, ' D. est. =', Dm3:6:2, ' --> Error=', pc3:3:2, ' %');writeln(1st);
write(1st, ' Inst. sust. Var3 --> ');writeln(1st, ' Cmin (f. teor)=', Cm4:8:2, ' Rub/(m^3/h) ');
write(1st, ' --> Cmin (f. real)=', Cm9:8:2, ' Rub/(m^3/h) --> ');
writeln(1st, ' D. est. =', Dm4:6:2, ' --> Error=', pc4:3:2, ' %');writeln(1st);
write(1st, ' Inst. sust. SOV-CERP-INGERS. --> ');write(1st, ' Cmin (f. teor)=', Cm5:8:2, ' Rub/(m^3/h) ');
write(1st, ' --> Cmin (f. real)=', Cm10:8:2, ' Rub/(m^3/h) --> ');
writeln(1st, ' D. est. =', Dm5:6:2, ' --> Error=', pc5:3:2, ' %');
```

```

Dm1:=abs(Cm1-Cm10); Dm2:=abs(Cm2-Cm11);
Dm3:=abs(Cm3-Cm12); Dm4:=abs(Cm4-Cm13);
Dm5:=abs(Cm5-Cm14); Dm6:=abs(Cm6-Cm15);
Dm7:=abs(Cm7-Cm16); Dm8:=abs(Cm8-Cm17);
Dm9:=abs(Cm9-Cm18);
pc1:=(Dm1/Cm1)*100; pc2:=(Dm2/Cm2)*100;
pc3:=(Dm3/Cm3)*100; pc4:=(Dm4/Cm4)*100;
pc5:=(Dm5/Cm5)*100; pc6:=(Dm6/Cm6)*100;
pc7:=(Dm7/Cm7)*100; pc8:=(Dm8/Cm8)*100;
pc9:=(Dm9/Cm9)*100;
writeln(1st, 'COMPARACION DE LAS VARIANTES DE LAS INST. DE PULPA Y LICOR. ');
write(1st, 'Inst. actual --> Cmin (f. teor) =', Cm1:8:2, 'Rb/(m^3/h) ');
write(1st, ' --> Cmin (f. real) =', Cm10:8:2, 'Rb/(m^3/h) ');
writeln(1st, 'D. est. =', Dm1:6:2, ' --> Error =', pc1:3:2, '% ');
write(1st, 'Inst. sus. Var1 --> Cmin (f. teor) =', Cm2:8:2, 'Rb/(m^3/h) ');
write(1st, ' --> Cmin (f. real) =', Cm11:8:2, 'Rb/(m^3/h) ');
writeln(1st, 'D. est. =', Dm2:6:2, ' --> Error =', pc2:3:2, '% ');
writeln(1st, 'Inst. sust. Var2 --> Cmin (f. teor) =', Cm3:8:2, 'Rb/(m^3/h) ');
write(1st, ' --> Cmin (f. real) =', Cm12:8:2, 'Rb/(m^3/h) ');
writeln(1st, 'D. est. =', Dm3:6:2, ' --> Error =', pc3:3:2, '% ');
write(1st, 'Inst. sust. SOV-CER-DEV --> Cmin (f. teor) =', Cm4:8:2, 'Rb/(m^3/h) ');
write(1st, ' --> Cmin (f. real) =', Cm13:8:2, 'Rb/(m^3/h) ');
writeln(1st, 'D. est. =', Dm4:6:2, ' --> Error =', pc4:3:2, '% ');
write(1st, 'Inst. sust. SOV-LPK-DEV --> Cmin (f. teor) =', Cm5:8:2, 'Rb/(m^3/h) ');
write(1st, ' --> Cmin (f. real) =', Cm14:8:2, 'Rb/(m^3/h) ');
writeln(1st, 'D. est. =', Dm5:6:2, ' --> Error =', pc5:3:2, '% ');
write(1st, 'Inst. sust. SOV-CER-DEV --> Cmin (f. teor) =', Cm6:8:2, 'Rb/(m^3/h) ');
write(1st, ' --> Cmin (f. real) =', Cm15:8:2, 'Rb/(m^3/h) ');
writeln(1st, 'D. est. =', Dm6:6:2, ' --> Error =', pc6:3:2, '% ');
write(1st, 'Inst. sust. SOV-LPK-DEV --> Cmin (f. teor) =', Cm7:8:2, 'Rb/(m^3/h) ');
write(1st, ' --> Cmin (f. real) =', Cm16:8:2, 'Rb/(m^3/h) ');
writeln(1st, 'D. est. =', Dm7:6:2, ' --> Error =', pc7:3:2, '% ');
write(1st, 'Inst. sust. SOV-CER-DEV --> Cmin (f. teor) =', Cm8:8:2, 'Rb/(m^3/h) ');
write(1st, ' --> Cmin (f. real) =', Cm17:8:2, 'Rb/(m^3/h) ');
writeln(1st, 'D. est. =', Dm8:6:2, ' --> Error =', pc8:3:2, '% ');
write(1st, 'Inst. sust. SOV-LPK-DEV --> Cmin (f. teor) =', Cm9:8:2, 'Rb/(m^3/h) ');
write(1st, ' --> Cmin (f. real) =', Cm18:8:2, 'Rb/(m^3/h) ');
writeln(1st, 'D. est. =', Dm9:6:2, ' --> Error =', pc9:3:2, '% ');
FIN

```

```
{ FIN }          for i:=1 to 8 do begin F1[i]:=0.796; end;          {SALARIO}
for i:=9 to 11 do begin F1[i]:=0.466;end;
for i:=12 to 15 do begin F1[i]:=1.273; end;
for i:=16 to 20 do begin F1[i]:=1.438; end;
for i:=21 to 24 do begin F1[i]:=1.019; end;
for i:=1 to 8 do begin F2[i]:=1.494; end;          {MAT.}
for i:=9 to 11 do begin F2[i]:=0.736; end;
for i:=12 to 15 do begin F2[i]:=1.192; end;
for i:=16 to 20 do begin F2[i]:=0.219; end;
for i:=21 to 24 do begin F2[i]:=0.963; end;
for i:=1 to 8 do begin Fa3[i]:=0.505; end;          {Costo ad.}
for i:=9 to 11 do begin Fa3[i]:=0.912; end;
for i:=12 to 15 do begin Fa3[i]:=0.967; end;
for i:=16 to 20 do begin Fa3[i]:=2.266; end;
for i:=21 to 24 do begin Fa3[i]:=1.015; end;
for i:=1 to 8 do begin F4[i]:=1.278; end;          {Inv.}
for i:=9 to 11 do begin F4[i]:=1.034; end;
for i:=12 to 15 do begin F4[i]:=1.021; end;
for i:=16 to 20 do begin F4[i]:=0.527; end;
for i:=21 to 24 do begin F4[i]:=0.970; end;
for i:=1 to 4 do begin ft[i]:=2100; end;
for i:=5 to 6 do begin ft[i]:=4200; end;
for i:=7 to 8 do begin ft[i]:=2100; end;
for i:=9 to 11 do begin ft[i]:=1400; end;
for i:=12 to 20 do begin ft[i]:=4200; end;
for i:=21 to 24 do begin ft[i]:=8400; end;
```