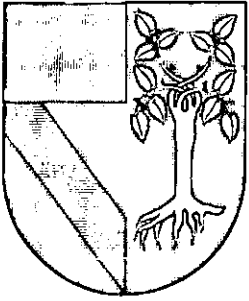


308917



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA
CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

12

**SISTEMA CENTRALIZADO DE SOLUBLE
REFRIGERANTE PARA UNA LINEA DE PRODUCCIÓN
DE PORTADIFERENCIALES**

291258.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA: INGENIERIA MECANICA
P R E S E N T A
HECTOR ALBERTO MONTERO ROURA

DIRECTOR DE TESIS: FIS. MARIANO ROMERO VALENZUELA

MEXICO, D.F.

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatorias

A mis papás Héctor y Luz

Quienes me han brindado todo el amor y cariño. Por haberme orientado y enseñado a luchar en la vida. Gracias por darme lo más preciado que existe: la vida.

A mis hermanos Cristy y Sergio

Ambos siempre han estado conmigo cuando más los he necesitado, gracias por todo su cariño, comprensión y paciencia.

A mi abuelito Sergio

Por todo lo que me diste sin pedir nada a cambio, especialmente aquellos momentos de éxito en mi niñez que compartimos juntos. Aunque ya no estés con nosotros nunca te olvidaré.

A mi abuelita Mercedes

Te dedico esta tesis como muestra de cariño y agradecimiento porque este es el resultado del esfuerzo que hiciste en conjunto con mis padres para mi educación.

A mi abuelita Osbelia

Porque siempre has sido muy cariñosa conmigo y gracias a ese cariño he aprendido a luchar por mis metas.

A mi madrina Antonieta (Nina)

Aquel "cachorrito" que cuidaste ahora te puede dar las gracias por tus atenciones, cuidados y amor que le has brindado por tantos años

A Jatzibe

Más que una amiga a quien admiro y aprecio. Siempre me has apoyado y estado conmigo cuando más lo necesito. Este trabajo no lo hubiera concluido de no ser por tu apoyo y presión. Gracias mil.

A Tere Raygoza

Gracias por ser como mi segunda mamá, te agradezco enseñarme a controlar mi energía y enfocarla hacia algo tan bueno como mis logros deportivos, y todo gracias a ti.

A Javier Cervantes

Quien me orientó y ayudó en la realización de este trabajo, mi mas sincero agradecimiento.

A Mayte y Connie

Quienes siempre han sido mis consejeras y amigas. Gracias por su amistad durante mi vida universitaria.

A Lisy

Quien ha sido como mi hermana mayor, gracias por tus palabras de aliento cuando las necesito.

A todos mis amigos y compañeros

Por la sincera amistad y sus enseñanzas, todas que de alguna manera han contribuido a mi formación.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
-------------------	---

CAPÍTULO 1.- JUSTIFICACIÓN DEL DESARROLLO DE UNA RED CENTRALIZADA DE SOLUBLE REFRIGERANTE.....	5
---	----------

1.1.-DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROYECTO.....	9
--	---

1.2.-OBJETIVO.....	13
--------------------	----

CAPÍTULO 2.- DISEÑO Y SELECCIÓN DEL EQUIPO NECESARIO PARA EL SISTEMA CENTRALIZADO.....	15
---	-----------

2.1.-SELECCIÓN DEL SOLUBLE REFRIGERANTE.....	17
--	----

2.1.1.-Primera etapa.....	17
---------------------------	----

2.1.2.-Segunda etapa.....	20
---------------------------	----

2.1.3.-Tercera etapa.....	26
---------------------------	----

2.1.4.-Conclusión.....	27
------------------------	----

2.1.5.-Eliminación de solubles refrigerantes.....	28
---	----

2.1.6.-Conclusión.....	29
------------------------	----

2.2.-SELECCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO Y TUBERÍA.....	30
---	----

2.2.1.-Determinación de las condiciones de operación.....	30
---	----

2.2.2.-Sistema de tres bombas.....	34
------------------------------------	----

2.2.3.-Sistema de seis bombas.....	37
------------------------------------	----

2.2.4.-Sistema de once bombas.....	38
------------------------------------	----

2.2.5.-Sistema de quince bombas.....	41
2.2.6.-Conclusión.....	42
2.3.-SELECCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA.....	45
2.3.1.-Estética.....	46
2.3.2.-Mantenimiento.....	48
2.3.3.-Conclusión.....	50
2.4.-SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....	51
2.5.-SELECCIÓN DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE LIMPIEZA DE SOLUBLE REFRIGERANTE.....	55
2.5.1.-Tipos existentes en el mercado.....	55
2.5.2.-Tipos de sistemas Faudi.....	56
2.5.3.-Selección del sistema de limpieza.....	57
2.6.-RESUMEN PARCIAL.....	59
CAPÍTULO 3.-EVALUACIÓN COSTO BENEFICIO.....	61
3.1.-PRIMERA ETAPA.....	62
3.2.-SEGUNDA ETAPA.....	68
3.3.-CONCLUSIÓN.....	72
CONCLUSIONES.....	73
Aportaciones de este trabajo.....	78
BIBLIOGRAFÍA.....	79

APÉNDICE A: SOLUBLES REFRIGERANTES.....	83
A.1.- GENERALIDADES. TIPOS Y CLASIFICACIÓN.....	84
A.2.- TIPOS Y CLASIFICACIÓN DE SOLUBLES	
REFRIGERANTES.....	90
A.3.- MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DE LOS SOLUBLES	
REFRIGERANTES.....	92
A.4.- INFORMACIÓN TÉCNICA DE ALGUNOS SOLUBLES	
REFRIGERANTES.....	95
A.5.- EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE	
ELIMINACIÓN DE LOS SOLUBLES REFRIGERANTES.....	121
A.5.1.- Por el método de evaporación.....	121
A.5.2.- Por el método de rompimiento químico.....	126
A.5.3.- Por el método de confinamiento.....	129
A.5.4.- Conclusión.....	130
 APÉNDICE B: BOMBAS.....	 131
B.1.- TIPOS Y SU CLASIFICACIÓN.....	132
B.1.1.- Definición de máquina hidráulica.....	132
B.1.2.- Clasificación de las máquinas hidráulicas.....	133
B.1.3.- Definición y clasificación de las bombas.....	135
B.1.4.- Clasificación de las bombas rotodinámicas.....	137
B.1.5.- Tipos constructivos.....	137
B.2.- CEBADO DE LA BOMBA.....	139
B.3.- PÉRDIDAS HIDRÁULICAS.....	140
B.4.- CAVITACIÓN.....	141

B.5.- GOLPE DE ARIETE.....	142
-----------------------------------	------------

APÉNDICE C: SISTEMAS DE CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE..... 144

C.1.- ANTECEDENTES.....	145
C.2.- EL CONTROLADOR PROGRAMABLE.....	147
C.2.1.- Ventajas y desventajas de los sistemas.....	148
C.2.2.- El ambiente afecta la eficiencia.....	149
C.2.3.- Ruidos eléctricos.....	150
C.2.4.- Sistema periférico y equipo de programación.....	151
C.2.5.- Procesadores.....	152
C.2.6.- Módulos de entradas-salidas.....	153
C.2.7.- Módulos inteligentes de I/O's.....	153
C.2.8.- Sistemas gráficos.....	154
C.2.9.- Controladores de células de trabajo.....	155
C.2.10.- Controladores de microcélulas.....	155
C.2.11.- Enlaces en el área de trabajo.....	155
C.2.12.- El futuro de los PLC's.....	156
C.3.- TIPOS Y SU CLASIFICACIÓN.....	156
C.4.- CARACTERÍSTICAS DE LA FAMILIA 5.....	158
C.4.1.- Componentes de la familia 5.....	159
C.4.2.- Instalación.....	162
C.4.3.- Las fuentes de poder.....	163
C.4.4.- Fundamentos.....	164

INTRODUCCIÓN

Para efectos de confidencialidad no se mencionará la empresa donde el proyecto se ha desarrollado, este documento tiene finalidad académica exclusivamente.

Empresa dedicada a la manufactura de ejes de tracción. Las políticas y metas de ésta se basan en la mejora continua, donde sus productos y servicios deben satisfacer al cliente en todas sus expectativas. El involucramiento del personal es una técnica que hemos ido implementando desde hace ya algunos años.

Hoy, la Empresa ha entrado a una nueva etapa de desarrollo. Al ser aprobado el proyecto de automatización de las líneas de producción, se ha dado un gran paso tecnológico, pues ahora nos encontramos con capacidad de competir a nivel mundial con las grandes compañías como son American Axle, Detroit Axle, etc.

La adquisición de equipo automático, robots, sistemas de transporte (banda transportadora, gantry, etc.), nos han favorecido para aumentar la productividad y por consecuencia reducir costos, manteniendo siempre la máxima calidad en nuestros productos.

Buscar el ahorro de tiempo y dinero en operaciones y actividades que no agregan valor al producto, es prioridad de todos los empleados para mantener el liderazgo en el ramo a nivel nacional y para ser competitivos a nivel mundial; por ello es importante el desarrollo de proyectos que minimicen estas operaciones y aunque pueden tener un costo elevado en un principio, no se

debe perder la objetividad de los beneficios que pueden obtenerse a mediano y largo plazo.

Dentro de estas actividades se encuentra el control y cambio de solubles refrigerantes. Esta actividad requiere detener el proceso productivo además de requerir ingenieros de planta dedicados al control de éstos casi de manera exclusiva debido a la variedad de marcas que se utilizan en el proceso de manufactura; por lo tanto, si reducimos al mínimo las actividades relacionadas a los solubles refrigerantes, podremos encaminar la atención de este personal a actividades de mejora en otras áreas.

Este proyecto tiene como objetivo el reducir las actividades de cambio, relleno y control de los solubles refrigerantes, para eliminar variables que afecten la calidad de los productos terminados.

El primer capítulo describe las condiciones actuales y el entorno de la empresa. Además de hacer un bosquejo del proyecto y los requerimientos que debe cumplir.

El segundo capítulo describe cuáles son las partes que integran el sistema centralizado de soluble, detallando cómo se seleccionó cada uno de los elementos.

En el tercer capítulo se realiza una evaluación costo beneficio en general con la cual se justificará el sistema centralizado desde dos puntos de vista: el financiero y el productivo; comparando los sistemas convencionales contra la propuesta en esta tesis.

En el último capítulo se exponen las conclusiones que se obtienen después de desarrollar este sistema centralizado, justificando su funcionalidad contra productividad, no sin antes atacar el problema desde un punto de vista plenamente económico.

La última sección consta de tres apéndices que describen la parte teórica de los elementos que integran el sistema. Esta sección sólo se utiliza como referencia para dar fundamento a la selección de los equipos. A lo largo de la tesis se hace referencia a esta sección como un apoyo a ciertos juicios de valor que se necesitan para determinar la adecuada operación del sistema.

**CAPÍTULO 1.- JUSTIFICACIÓN DEL
DESARROLLO DE UNA RED CENTRALIZADA DE
SOLUBLE REFRIGERANTE**

La Economía se encarga, entre otras cosas, de evaluar la mejor opción de entre varias en función de la utilidad marginal que se obtenga de seleccionar una u otra opción. De manera similar, este proyecto ha sido evaluado en función de la utilidad marginal desde dos puntos de vista: productivo y financiero.

El costo financiero es, sin duda, el factor que más afecta en la toma de decisiones para nuevos proyectos. Sin embargo, siempre será apropiado invertir en nueva tecnología y sobre todo en bienes de capital.

En toda economía se debe buscar la inversión en bienes de capital, esto con el fin de tener crecimiento a largo plazo, pues la consecuencia de ello generará un efecto multiplicador que incrementará el ingreso disponible y a su vez nuestra capacidad productiva, es decir, favorecerá cualquier sistema productivo haciéndolo crecer constantemente. En caso contrario nos convertiremos en lo que algunos eruditos en la materia llaman "economía de consumo", la cual en el largo plazo acabará con todos los recursos disponibles y el ingreso disponible disminuirá constantemente, es decir, los bienes de capital tenderán a cero y la capacidad productiva bajará hasta llevarnos a la desaparición.

Otro factor a evaluar es el costo de oportunidad que tenemos al tomar en cuenta este proyecto, pues si hablamos que la planta industrial en esta empresa se está modernizando, con inversión para la adquisición de nuevos equipos y maquinaria para aumentar la capacidad de producción, se podría caer en duda si es necesario o no crear una red centralizada de soluble

refrigerante, la cual no genera directamente ningún bien y se podría pensar que es mejor invertir en algún otro proceso que se pueda considerar crítico.

La justificación de un nuevo proyecto puede durar meses, sin embargo, las necesidades dentro de la industria mexicana, suelen ser urgentes y no se dispone de largos períodos de tiempo para tomar decisiones, en la mayoría de las veces se han perdido grandes oportunidades de negocio por esta pérdida de tiempo.

La macroeconomía tiene su influencia en toda aprobación de proyectos, y ésta no es la excepción. La situación actual del país tiene sus altibajos. El 2000 puede ser un año de fuga de capitales, a mi manera de ver, pues se acerca el cambios en el gobierno a todos los niveles y cabe recordar que en las últimas dos décadas es el momento cuando han sucedido las mayores fugas de capitales y generado crisis severas. Hoy, México tiene escasa liquidez y créditos casi nulos, altas tasas en Cetes y otros certificados gubernamentales los cuales siguen siendo los índices que rigen las tasas bancarias. Se han creado sistemas que tratarán de evitar una nueva crisis, entre ellos encontramos una nueva modalidad llamada "Blindaje Económico", el cual no es sino un préstamo garantizado en caso de fuga de capitales. En general, una nueva inversión a corto plazo puede pensarse más de dos veces si se quiere tener algo seguro.

Bajo esta perspectiva económica suele ser difícil la aprobación de nuevas inversiones, sin embargo, debido al plan de crecimiento que tiene la empresa, se justifica, que si se invierte en este tipo de equipos, a futuro se

tendrá mayor capacidad para responder a cambios bruscos en la producción de ejes y con una mínima inversión se realizarían los cambios necesarios.

Si evaluamos que una red centralizada de soluble refrigerante tiene por objetivo reducir paros de producción (dejar de producir) por falta de sustancias en la maquinaria y disminuir los costos indirectos de producción que incluyen el control y cambio de sustancias, el proyecto presenta una utilidad marginal mayor a cero.

¿Cómo puedo medir esta utilidad marginal? De dos formas: desde el punto de vista de la capacitación del personal y desde el punto de vista de disminución de paros en la maquinaria por falta de soluble refrigerante.

Desde el punto de vista de la capacitación del personal: con la red una vez instalada, el personal que está dedicado a actividades repetitivas de intercambio de solubles puede ser capacitado para ejercer funciones operativas que generen mayor producción, es decir, si utilizamos su capacidad para disminuir tiempos y movimientos de materiales, crearemos en el personal un sentido de superación y con ello motivarlos a prepararse mejor para desarrollar más y mejor las nuevas actividades, que no sean sólo repetitivas sino más intelectuales. Ésta no es una variable que se pueda medir directamente, la única forma de medirla es en función del incremento de la productividad en las líneas.

Ahora, desde el punto de vista de la disminución de paros en la maquinaria por falta de soluble refrigerante: es cuantificable directamente, pues se refleja directamente en la producción diaria. El desarrollo de esta red de

soluble refrigerante favorece la productividad en la línea y reduce sus costos, pues resulta más caro tener equipo sin trabajar por los costos directos e indirectos que equipo que trabaje constantemente, las horas no productivas afectan directamente a las ventas, en este caso las ventas son por contrato anual y siempre nos favorecerá una entrega a tiempo.

En resumen, el desarrollo de esta red centralizada favorecerá desde cualquier punto de vista la productividad en la línea para la cual está enfocada, aun a pesar del alto costo inicial y la recuperación de la inversión en el mediano plazo.

Así pues, la alta dirección de la Empresa dio su dictamen a favor de la construcción de esta red y actualmente se está llevando a cabo.

1.1.- DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

La Empresa donde se ha desarrollado este proyecto está dedicada a la manufactura de ejes de tracción trasera.

Un eje de tracción trasera es aquél que transmite la potencia de la flecha cardán a las ruedas (ver dibujo en la página siguiente). Ubicado en la parte posterior de los automóviles. Existen diferentes tamaños según la aplicación y éstas pueden ser: modelo 44 (para vehículos como Nissan Estaquitas, Chrysler Grand Cherokee y General Motors Suburban, etc.) y modelo 70 (microbuses y vehículos de carga como camionetas de redilas, etc.)

Las partes o elementos básicos que conforman un eje de tracción son: portadiferencial, tubos, semiejes, portaengranes y juegos de engranes. Todas las anteriores con excepción de los juegos de engranes son manufacturados en la empresa.

La materia prima que se utiliza en las diferentes líneas son los siguientes:

- Portadiferencial: Fundición de acero nodular, dureza 175-190 HBN.
- Semieje: Acero SAE 1541, dureza 52 HRC
- Portaengrane: Fundición de acero nodular perlítico, dureza 170-190 HBN.
- Tubo: Acero SAE 1541 dureza 48 HRC.

La empresa cuenta con dos áreas productivas: producción-maquinado y producción-ensamble. Por lo que respecta al área de producción-maquinado, ésta está constituida por ocho líneas de producción, éstas son: tubos 44 y tubos 70, semiejes 44 y semiejes 70, portadiferenciales 44, portadiferenciales 70, portaengranes 44 y portaengranes 70 (como se puede observar, el número representa el tipo de eje, el cual puede tener varios modelos dentro de esa familia). Mientras que por lo que respecta al área de producción-ensamble, se cuenta con tres líneas de producción en serie.

Actualmente la Empresa está realizando inversiones millonarias en bienes de capital. El objetivo de esta inversión es la modernización de maquinaria para incrementar la capacidad instalada y así penetrar mercados internacionales. Una de las formas de aumentar esta capacidad productiva es adquiriendo equipos modernos con tecnología de punta al mismo tiempo que se realicen las mejoras necesarias a cada proceso de producción, esto es, reducir movimientos innecesarios de materiales, disminuir etapas de corte de materiales con mejores herramientas, etc.

El proceso de adquisición de equipos ha sido por línea completa, es decir, se planea y se compra el equipo necesario para armar una nueva línea de producción de forma paralela a la actual, y una vez que esta nueva línea se encuentre operando cuando menos al 80% de su capacidad, la línea convencional desaparece.

Para efectos de esta tesis, nos enfocaremos exclusivamente a la línea automatizada de portadiferenciales. Está diseñada para trabajar a un ritmo de 30 piezas por hora las 24 horas del día, esto gracias al uso de robots y

bandas transportadoras, además cuenta con la cualidad de realizar cambios de modelo en 10 minutos a través de un sofisticado equipo de cómputo.

La línea está dividida en 2 operaciones de maquinado:

- 1).- Barrenado y machueleado
- 2).- Mandrinado

La primera etapa se realiza con una célula formada de tres centros de maquinado Mori Seiki SH50 y la segunda célula formada por tres centros de maquinado Mori Seiki SH63. Para finales de 1999 se tiene planeado el adquirir un centro de maquinado de cada tipo y así incrementar la capacidad productiva.

Cada uno de los seis centros de maquinado cuenta, entre otros equipos, con su propio tanque de almacenamiento de soluble refrigerante, el cual debe ser llenado a ciertos intervalos de tiempo para su correcto funcionamiento. En caso que el nivel del soluble refrigerante sea inferior al establecido por el fabricante, la máquina en su totalidad dejará de operar hasta que se corrija el nivel de fluido. En el caso que el equipo esté excedido de su capacidad de almacenamiento, no dejará de operar, sin embargo se derramará.

La empresa cuenta actualmente con un departamento dedicado a cuidar todos los niveles de fluidos en las máquinas de toda la planta. Sin embargo, el error humano está siempre presente en toda operación y esta línea no es la excepción. De esta forma se conformó un equipo de trabajo que realizará un plan de desarrollo de nuevos sistemas que eviten este tipo de fallas. Es ahí donde se concibe la idea de crear una red centralizada de soluble

refrigerante; sin embargo la nueva labor de éste, ya con la puesta en marcha de la red centralizada, será la salvaguarda del sistema y sus partes. Esto es, no porque se pueda automatizar un proceso se deba eliminar el factor humano, sino por el contrario, gracias a éste se puede facilitar el trabajo y mejorar la capacidad productiva de una planta industrial.

Como último detalle, dentro del plan de automatización de la planta, se debe considerar la creación de la red centralizada de soluble refrigerante con capacidad para satisfacer a todos los equipos que tengan características similares y que utilicen sustancias similares también.

1.2.- OBJETIVO

El desarrollo de nueva tecnología es primordial, por ello también hay que crear instrumentos y sistemas que apoyen la mejora continua de cualquier proceso productivo. Este caso es uno más de los otros muchos que están por desarrollarse en la empresa.

Primordialmente, el objetivo a obtener es la reducción de horas muertas por paros en la producción debido a mantenimiento general de los solubles refrigerantes en la línea automatizada de producción de portadiferenciales, esto a través del diseño de una red centralizada de soluble refrigerante. La cual proveerá dicha sustancia para mantener en estado operativos todos los equipos y no permita que sucedan paros no planeados que afecten la capacidad productiva de la línea de producción.

El diseño considera la selección de los equipos necesarios, cotización de todas las partes y supervisión de la puesta en marcha del proyecto. Para efectos de esta tesis sólo incluirá el material correspondiente a diseño, selección y cotización del equipo necesarios para el desarrollo de la red centralizada de soluble refrigerante; la justificación del proyecto, en base a un análisis costo-beneficio, se reserva para una sección en especial de esta tesis.

**CAPÍTULO 2.- DISEÑO Y SELECCIÓN DEL
EQUIPO NECESARIO PARA EL SISTEMA
CENTRALIZADO DE SOLUBLE REFRIGERANTE**

Los actuales equipos o máquinas, cuentan con un pequeño equipo de bombeo que sirve para succionar el soluble desde un recipiente hasta el área de operación, donde el soluble escurre y es llevado al mismo recipiente por medio de otra bomba. Una vez degradado el soluble refrigerante, sólo basta retirar el recipiente y cambiar su contenido para seguir operando.

Bajo este esquema se conceptualizó la red, este proyecto no quiere inventar un nuevo hilo negro en procesos de solubles refrigerantes, sólo ofrece una nueva y mejor opción que abate costos de producción en acciones que no agregan un valor al producto.

Siendo así, los elementos que se consideran en el diseño de la red centralizada son los siguientes:

- Selección de soluble refrigerante y método de eliminación.
- Diseño y selección del equipo de bombeo, tubería e instalación.
- Diseño y selección del equipo de control.
- Selección del equipo de limpieza del soluble refrigerante.

En las páginas siguientes se describen paso a paso cada uno de los elementos.

2.1.- SELECCIÓN DEL SOLUBLE REFRIGERANTE

El primer paso en la selección de refrigerantes es delimitar las necesidades del proceso y determinar las características a cubrir, el segundo paso es someter a pruebas cortas los diferentes productos existentes en el mercado y como tercer y último paso es realizar una prueba de medio plazo a los solubles que resulten seleccionados en la segunda etapa del proceso de selección, en esta última etapa se determinará si la selección es la adecuada en caso contrario habrá que regresar a la segunda etapa.

2.1.1.- Primera etapa.

Hay que definir las funciones y características a cubrir, esto en función de las necesidades que demande nuestro proceso productivo, es decir, si se requiere un soluble refrigerante que se mantenga durante largos períodos de tiempo en un solo recipiente con poco movimiento, se deberá seleccionar un soluble refrigerante resistente al ataque bacteriológico.

La metodología a seguir para determinar estas características es un poco arbitraria, pues no existe un procedimiento universal que proporcione y garantice que algún soluble refrigerante sea el mejor para un determinado proceso.

En este caso se determina que una de las características que debe cubrir como mínimo es ayudar a mantener los acabados que requiere nuestro proceso, se demandan acabados que van del orden de las 100 μm

hasta las 200 μm ; otra característica es que evite la oxidación postproceso¹, es decir, una vez que la pieza abandona la línea de producción será almacenada por no más de una semana, período de tiempo en el cual no deberá sufrir por oxidación alguna; la reacción con las partes del propio centro de maquinado no deberá sufrir abrasión ni reacción química que debilite sus partes expuestas, siendo ésta otra característica a cubrir. Evitar la dermatitis en el operador es fundamental, pues ellos no van al trabajo para enfermarse, entonces se debe conseguir un soluble refrigerante amistoso con el usuario. Mantenga la temperatura baja en el proceso de corte para prolongar la vida de las herramientas pues en caso contrario no estará realizando una de sus funciones básicas².

Lo ideal para la planta, es tener un solo tipo de refrigerante en todos los procesos, con el fin de disminuir los costos de adquisición de éstos debido a un trato con menor número de proveedores y a la mejor negociación del precio al comprar grandes volúmenes. Todo esto sería posible si todos los procesos fueran iguales, pero, esto no siempre es posible. En nuestro caso, nuestros procesos varían desde desbastes generales en torno, fresadoras, taladrado, hasta super acabados, por ello será difícil determinar un solo tipo de refrigerante, sin embargo se pueden clasificar los procesos por características similares, y seleccionar el tipo de refrigerante más acorde al proceso.

Una de las ventajas de tener pocos tipos de solubles refrigerantes es lo que corresponde al control de las concentraciones molares; debido a que se debe llevar un control estricto sobre las mismas. Es decir, cada proceso tiene una concentración diferente debido a la severidad del trabajo.

¹ Ver Apéndice A pág. 2

Otra de las ventajas que se puede tener con el manejo de un solo tipo de soluble refrigerante es que se evita el mezclar los solubles y por consecuencia disminuir las propiedades de éstos en la operación. Al tener varios tipos de solubles refrigerantes, se corre este riesgo. Comparativamente, al tener un solo tipo de refrigerante, se disminuyen riesgos, se optimiza el uso, la dosificación es más rápida, haciendo que por consecuencia se alcance una mejor operación.

A manera de resumen presento la siguiente tabla:

Alto grado de lubricidad.
Cumplir con las características de acabado en las operaciones.
Prolongar la vida de las herramientas de corte.
Reducir la temperatura durante el desbaste.
Alta resistencia al ataque bacteriológico.
No provoque dermatitis o alguna otra enfermedad al operador.
Amplia gama de aplicaciones (procesos).
No ataque al material y/o pintura de la máquina.
Evite la oxidación postproceso.
Económico.
Alto rendimiento y poca evaporación del soluble.

² Ver Apéndice A pág. 1-5

2.1.2.- Segunda etapa.

Pruebas de corto plazo. Se sometieron a rigurosas pruebas algunos productos de marcas conocidas en el género, entre ellos destacan Castrol, Concinnati Millacron, Fuchs, Monroe y Equimsa. Se platicó con los representantes técnicos y se acordó realizar una prueba de proceso con duración de dos meses, período en el cual todos los gastos devengados por concepto de solubles refrigerantes correrían por cuenta de ellos. Todas las sustancias químicas que componen un soluble refrigerante tienen un número de identificación (CAS) el cual define la composición química del producto y así, nuestro departamento de Seguridad Industrial puede determinar la forma de eliminación y el nivel de contaminación que presentará. Para realizar la selección de cada producto se requirió a los proveedores la información técnica detallada de cada soluble que puede aplicarse en nuestro proceso productivo, entre los que podemos encontrar aceites sintéticos, semisintéticos y emulsiones³, la información de la investigación se muestra en el apéndice D, a continuación se muestran los datos más relevantes de la investigación:

❖ *Syntilo 1023*⁴

- Soluble manufacturado por Castrol Industrial Inc.
- Reduce la corrosión.
- Característica de dispersión de aceite.

³ Ver apéndice A pág.8-10

⁴ Ver apéndice A pág. 91

❖ ***Ilocut 482***⁵

- Para trabajar con herramientas de acero de alta resistencia a la tensión.
- Para maquinar aleaciones de cobre particularmente en las más difíciles operaciones de la industria.

❖ ***Syntilo 9954***⁶

- Ideal para rechazar aceites y sustancias mezcladas en el proceso de maquinado.
- Es un soluble sintético diseñado para usarse en metales ferrosos.
- Ofrece alta resistencia microbiológica lo que alarga la vida del soluble tanto en sistemas individuales como en centralizados.

❖ ***WY3 – 991A***⁷

- Refrigerante a base de emulsión de ésteres, que rechaza el aceite, es especial para maquinar metales ferrosos.
- Formulado para cumplir con los requerimientos más críticos en operaciones como generado de engranes, brochados, rimado y horneado.
- Compatible con la ultrafiltración, debido a su composición puede pasar a través de membranas muy finas para mantenerlo limpio y reusable.

⁵ Ver apéndice A pág. 93

⁶ Ver apéndice A pág. 94

⁷ Ver apéndice A pág. 96

❖ **Controlant 650NS⁶**

- Es resistente al ataque bacteriológico.
- Para trabajar bajo situaciones de extrema presión.
- Contiene inhibidores de la corrosión y biocidas antisarro.

❖ **Hocut 931⁹**

- Refrigerante semisintético biostático.
- Protección a la corrosión, tanto en los equipos como en las piezas maquinadas.
- Diseñado para utilizarse en máquinas individuales, centros de maquinado y sistemas centrales.
- Ideal para metales ferrosos, aluminio y sus aleaciones.

❖ **Astro-cut 2001 B¹⁰**

- Bio-estable libre de cloro debido a que sus componentes son resistentes a la degradación biológica.
- Inhibidor de la corrosión.
- Buena visibilidad de la pieza durante el proceso (fluido traslúcido).

⁶ Ver apéndice A pág. 98

⁹ Ver apéndice A pág. 100

¹⁰ Ver apéndice A pág. 102

❖ ***Kool All 948***¹¹

- Para maquinado y rectificado en la mayoría de los procesos donde se trabaja severamente materiales como acero inoxidable, H.S.L.A., aceros de alta aleación, etc.
- Bio-estables desarrollados para trabajar amistosamente al usuario para usarse en sistemas independientes o centralizados de distribución de soluble refrigerante.

❖ ***Ecocool 910***¹²

- Refrigerante sintético multipropósito diseñado para roscado y maquinado severo de aleación de acero y aluminio.
- Separa eficientemente la contaminación con aceite hidráulico y de bancada; provee protección anticorrosiva a las partes maquinadas y a la maquinaria.

❖ ***Ratak Resist 68 CF 2***¹³

- Un lubricante de refrigeración con bajo contenido de aceite mineral.
- Estabilidad de emulsión.
- Escasa tendencia a formar espuma.

¹¹ Ver apéndice A pág. 105

¹² Ver apéndice A pág. 106

¹³ Ver apéndice A pág. 108

❖ ***Ratak Synthan HiL 33-902***¹⁴

- ❑ Un refrigerante sintético para maquinado y rectificado.
- ❑ Puede ser utilizado en metales ferrosos y no ferrosos y está libre de nitritos, fenoles, cloro, azufre y aceite mineral.
- ❑ Completamente estable a aguas duras.

❖ ***Cimstar 540***¹⁵

- ❑ Para el maquinado y el rectificado.
- ❑ Recomendado para alta carga de trabajo en materiales tanto ferrosos como no ferrosos.
- ❑ Control bacteriano es llevado a cabo a través de supervisión técnica constante del producto.

De esta forma se puede ver claramente las características principales de cada uno de los solubles refrigerantes que se utilizaron como prueba. Ahora bien, en las operaciones de las máquinas convencionales, se cuenta con una gama de productos, los cuales nos sirven como referencia para comparar las aplicaciones y los resultados.

Algunos son usados en una sola máquina y otros son usados a lo largo de toda una línea de proceso. A continuación muestro una relación con los solubles refrigerantes que se tienen en uso, así como algunas de sus aplicaciones en nuestros procesos:

¹⁴ Ver apéndice A pág. 110

KUTSOL	Para toda el área de maquinado en los tubos, con una concentración del 4% con excepción de las roladoras.
SINTOGRIND	Se usa únicamente en las rectificadoras de los semiejes y en toda la maquinaria del taller de afilado con una concentración del 2%.
SYNTILO 9954	Se utiliza únicamente en las máquinas siguientes: Chiron de la línea de portadiferenciales, la máquina Chiron de la línea de tubos y las máquinas de brochado en la línea de yugos. Las dos primeras a una concentración del 8% y las máquinas del área de yugos, con una concentración del 10%.
ILOCUT 482	Únicamente es usado para las roladoras de la línea de semiejes y su concentración es al 100%.
MEKANO	Su uso es exclusivo para la máquina marca Master de la línea de tubos 70 y su concentración de uso es del 100%.
BIOSINTEK	Se usa en diferentes líneas, como son la línea de tubos 30/44, la línea de porta-engranes y la línea de yugos. La concentración a la que se aplica es al 7%. Las excepciones de este refrigerante son las máquinas de rectificado y brochado de la línea de yugos.

En la siguiente tabla se muestran los solubles refrigerantes que sobresalieron de la investigación como los más adecuados o que cubrieron la mayor de las características que habíamos fijado en un principio (cabe mencionar que durante las pruebas, todas las herramientas de corte se mantuvieron iguales y del mismo tipo, esto con el fin de mantener constante esta variable y dar información que pudiese ser comparable):

¹⁵ Ver apéndice A pág. 113

Prov.	Producto	Tipo
Castrol	Hysol X	Mineral
	WY3391	Sintético
	Syntio1023	Sintético
Cincinnati Milacron	Cimstar 540	Sintético
Fuchs	Ecocool 910	Sintético
	Ratak resist 68C	Semisintético
Monroe	Astrocut 2001	Semisintético
Equimsa	Hocut 931	Semisintético

2.1.3.- Tercera etapa.

La prueba de largo plazo. Utilizando los productos de la tabla anterior, se realizó una prueba de larga duración, la cual requirió de casi 6 meses por sustancia, en este período de tiempo salieron nuevas características que con anterioridad no se habían detectado; en algunos productos se detectó la formación de microorganismos que atacaron la sustancia de forma rápida mientras que en otros casos el rendimiento de las herramientas de corte se vió desfavorecido. Para realizar todas la pruebas, se utilizó el mismo tipo de insertos de corte y condiciones de maquinado, esto con el fin de mantener constante algunas variables y obtener resultados comparables.

Vida	Producto	Tipo	Costo	Observaciones
Media			USD/l	
35 días	Hysol X	Mineral	\$2.88	Atacado bacteriológicamente en alto grado
40 días	WY3391	Sintético	\$2.5	Bajo rendimiento de herramienta
55 días	Syntilo1023	Sintético	\$3.19	Alto rendimiento sólo evapora agua
75 días	Cimstar 540	Sintético	\$2.88	Alto rendimiento. sólo evapora agua
50 días	Eccocool 910	Sintético	\$7.67	Múltiples recargas de soluto
48 días	Ratak resist 68C	Semisintético	\$4.62	Bajo rendimiento de herramientas
38 días	Astrocut 2001	Semisintético	\$6.45	Olores desagradables. atacado p/bacterias
43 días	Hocut 931	Semisintético	\$7.20	Mal acabado superficial. baja duracion htas

2.1.4.- Conclusión.

Con base a los resultados en la prueba y realizando un comparativo de costo de la sustancia, como se puede analizar en la tabla anterior, el soluble que se recomienda utilizar es el Cimstar 540 de Cincinnati Millacron, con fundamento en su alto rendimiento, pues las recargas fueron únicamente de agua; su alta duración y poca evaporación, debido a que se forma una emulsión homogénea que evita evaporarse tanto como otros lo hacen y evitamos caer en situaciones de contaminación de la atmósfera por concentración de vapores; limpieza, debido a que de manera constante limpia el interior de los centros de mecanizado del polvo generado por el mecanizado; es agradable con el usuario debido a que no emite malos olores y sus vapores no causan efectos de irritación de las vías respiratorias; y tiene bio-estabilidad

predecible es decir, cada cierto período de tiempo se deberá agregar un biocida y esta frecuencia fue de una vez al día mientras que en la mayoría de los que se sometieron a prueba se agregaba más de dos y hasta cuatro veces al día; de esta forma se puede determinar también que se deberá recircular el soluble refrigerante en la red por lo menos 3 veces al día, para mantener su estabilidad como emulsión.

2.1.5.- Eliminación de solubles refrigerantes.

Así mismo, hay que considerar a futuro el destino del soluble refrigerante, es decir, su disposición final cuando éste se degrade y no sea útil a nuestro proceso. Para esta parte se puede realizar de tres formas diferentes: evaporación¹⁶, rompimiento químico¹⁷ y confinamiento¹⁸.

Para cada método se ha desarrollado un análisis de costos, hay que mencionar que hay dos formas de llevar a cabo este proceso de eliminación. La primera es la adquisición del equipo por parte de la empresa y la segunda es a través de los servicios de la empresa distribuidora del soluble refrigerante, a esta prestación de servicios se le denomina "Outsourcing". De esta forma, el resultado del estudio realizado se muestra en la siguiente tabla (la correspondiente evaluación económica que se detalla en la segunda parte del apéndice A).

¹⁶ Ver apéndice A pág. 11-12

¹⁷ Ver apéndice A pág. 12-13

¹⁸ Ver apéndice A pág. 13-14

	Evaporación		Rompimiento químico	Confinamiento
	Eléctrico	Gas		
Costo outsourcing	\$ 8,755.32	\$ 2,810.00	\$ 2,633.42	\$ 9,630.00
Costo con equipo	\$ 8,900.00	\$ 11,050.00	N/A	

2.1.6.-Conclusión.

Con fundamento en el análisis de costos de los tres métodos de eliminación, el que más nos conviene es el de rompimiento químico a través del proveedor, pues este resulta ser el más económico para el volumen estimado, ahora se tendrá que definir al paso del tiempo si los volúmenes estimados se cumplen y corroborar si el método de eliminación sigue siendo la mejor elección

2.2- SELECCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO Y TUBERÍA

El proceso de selección de bombas se dividió en dos etapas, la primera es la definición del caudal a manejar y la segunda etapa consistió en evaluar el equipo de bombas que cumpliera con las especificaciones requeridas y que a su vez nos diera el mejor balance costo-beneficio.

2.2.1.-Determinación de las condiciones de operación.

Hay tres variables a considerar para la determinación de éste. La primera es el volumen mínimo que requiere la unidad de almacenamiento de cada centro de maquinado, la segunda es el volumen máximo que permite la geometría de las mismas unidades de almacenamiento y la última variable es el volumen mínimo que requiere la unidad de limpieza de solubles.

La primera y segunda variables se obtuvieron con la restricción propia de cada equipo, es decir, cada centro de maquinado cuenta con sensores que determinan el nivel de soluble refrigerante existente en cada unidad de almacenamiento. Estos sensores bloquean en automático el funcionamiento de la máquina cuando está en un volumen mínimo (dato determinado por el fabricante), así mismo a través de la pantalla de control, envía una alarma si el volumen sobrepasa el tope máximo de capacidad pero en este caso el equipo se mantiene en operación. Cada unidad de almacenamiento tiene un volumen determinado por la geometría del mismo.

Otra variable a considerar es el volumen mínimo que requiere la unidad de limpieza del soluble refrigerante. De manera similar a los centros de

maquinado, esta unidad de limpieza dejará de funcionar una vez que el soluble se encuentre en su nivel mínimo de operación.

De acuerdo a los datos del fabricante de los centros de maquinado, las características son las siguientes:

Cada centro de maquinado tiene una capacidad máxima de 600 litros (por su geometría), el volumen máximo para operar los equipos es de 500 litros y el volumen mínimo permisible es de 375 litros. Cuatro de estas máquinas cuentan con una unidad de enfriamiento de soluble, esto para garantizar que la temperatura de operación del mismo no sea superior a los 19°C, estas unidades de enfriamiento utilizan un volumen de 250 litros cada una.

El volumen a utilizar en el sistema centralizado será la capacidad máxima de almacenamiento de cada equipo, pues en caso de trabajar con el volumen mínimo se corre el riesgo de que en algún momento se tenga un paro no planeado de la línea de producción por falta de soluble. Se podría considerar el volumen medio, pero los sensores con los que cuentan cada centro de maquinado sólo tienen la capacidad de detectar niveles máximo y mínimo haciendo más difícil su control.

Actualmente se cuenta con 6 centros de maquinado, y se espera la aprobación de la compra de 2 máquinas más en Enero del 2000, haciendo un total de 8 máquinas.

La línea se diseñó para trabajar 20 días al mes (de lunes a viernes) 24 horas por día (no hay paros de equipos pues se trabaja con robots), lo cual nos da un total de 480 h/mes. Una característica relevante a considerar es el tratamiento del soluble, éste se debe regenerar por lo menos tres veces al día.

Además, se realizaron pruebas de pérdida de soluble en operación normal, durante el período de una semana, éstas se originan por diversas causas entre las cuales podemos denotar:

- Soluble residual en el producto terminado, esto debido a que la geometría de pieza no permite la eliminación de todo el soluble en el cual se encuentra inmerso.
- Neblina al medio ambiente. Cada máquina cuenta con un sistema de limpieza del producto terminado, éste se realiza sopleteando la pieza, permitiendo que gran parte del soluble residual en la pieza se disperse en forma de neblina que se integra al medio ambiente¹⁹.
- Derrames por acumulación de residuos metálicos (rebaba). El corte de materiales genera rebabas, que en algunos lugares dentro de las máquinas permite la acumulación excesiva y el soluble que se puede almacenar se derrama fuera de la máquina como goteos.

¹⁹ La cantidad de neblina que arroja al medio ambiente está dentro de los límites establecidos por la Comisión de Seguridad e Higiene de la Empresa.

El valor de estas pérdidas es de 100 litros por máquina en un período de 24 horas, es decir 800 litros totales.

Ahora bien, tenemos varias opciones para bombear el soluble en la red, el criterio a utilizar será obtener el mayor beneficio al menor costo.

Para la selección del equipo de bombeo, se definieron diferentes sistemas de bombas, en algunos casos cada uno con diferentes tamaños de bombas y en otros casos con las mismas bombas para todo el sistema. Condición que determiné primordial, tanto la extracción como la descarga deben ser iguales, para procurar siempre mantener un nivel adecuado en cada uno de los centros de maquinado.

Un factor decisivo en la selección del tipo de bombas son las partículas suspendidas en el fluido. Estas se comportan como perdigones en cualquier mecanismo y por ello el mantenimiento será elevado. Revisando los tipos de bombas existentes para este tipo de sistemas, el que mejor se acopla son las del tipo centrífugas²⁰, pues son aquellas en sus partes intercambiables el mantenimiento se realizará más rápido, aunado a un costo bajo por refacciones de éstas.

²⁰ Ver apéndice B pág. 5

2.2.2.-Sistema de tres bombas.

El primer arreglo lo llamé "Sistema de 3 bombas" se basa en una sola bomba que se encarga de enviar todo el soluble necesario a la línea de producción, una sola bomba que se encarga de succionar el soluble de los centros de maquinado y una sola bomba que se encarga de enviar a un tanque adicional el soluble degradado.

El volumen total de soluble refrigerante que estos equipos demandan es:

$$8 \text{ máquinas} \times 500 \text{ l} = 4,000 \text{ l}$$

A este valor hay que agregar 1,000 l, pues 4 máquinas cuentan con un sistema de enfriamiento adicional.

Se tienen pérdidas de soluble refrigerante por operación, que equivalen a 800 l por día totales²¹.

La suma de todo esto nos da un total de 5,800 l que deberemos recircular en su totalidad cuando menos tres veces al día²², lo cual equivale a inyectar 17,400 l por día.

Ahora, 17,400 l/d equivalen a bombear 725 l/h.

²¹ Ver Capítulo 2 pág. 48

²² Ver Capítulo 2 pág. 35

La tubería tendrá una distancia total de casi 48 m desde el cuarto de bombeo hasta la línea de producción y una diferencia de alturas de 2.5 m; en lo que respecta a las líneas de suministro y retorno del soluble, el diámetro de la tubería será de 1.5 in.

Por lo tanto las características de las bombas serán:

$$17400/(24 \times 60) = 12.08 \text{ l/min} = 3.179 \text{ gpm}$$

Por la experiencia que se tiene en la empresa, se aplica un factor del 25% que cubrirá las pérdidas de carga, esto debido a que el peso de las partículas suspendidas afecta directamente la potencia de la bomba pues aumentan la turbulencia dentro del fluido.

Entonces se tiene

$$3.179 \text{ gpm} \times 1.25 = 3.974 \text{ gpm}$$

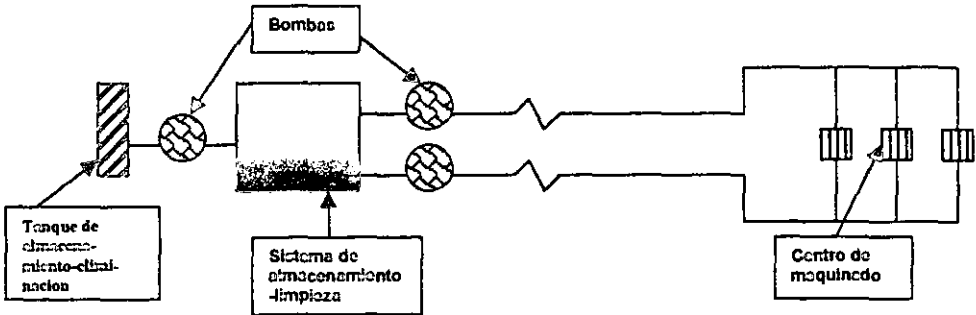
Revisando los tipos y capacidades de bombas marca Siemens del tipo centrifugas, la bomba que más se apega al diseño tendrá las siguientes características:

Bomba centrífuga de 4 gpm, 10 ft, 3 HP, 3645 rpm

Ahora, para la bomba que se utilizará para extraer el soluble degradado del equipo de limpieza del refrigerante, se seleccionó una bomba de

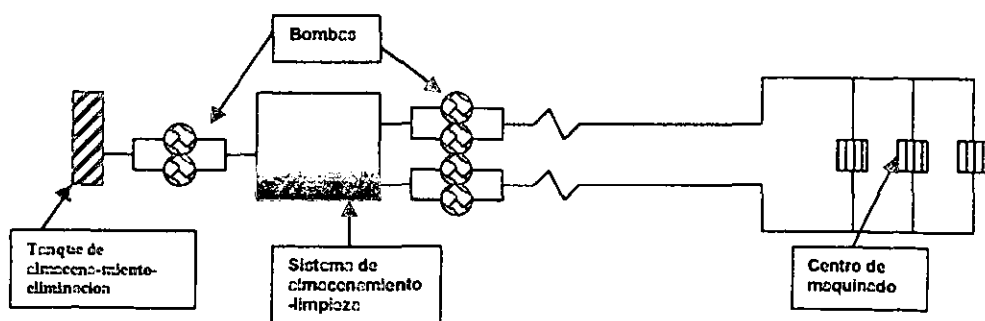
0.5 HP pues requerimos enviar el fluido más de 1.5 m de distancia a una altura no mayor a 1.5 metros.

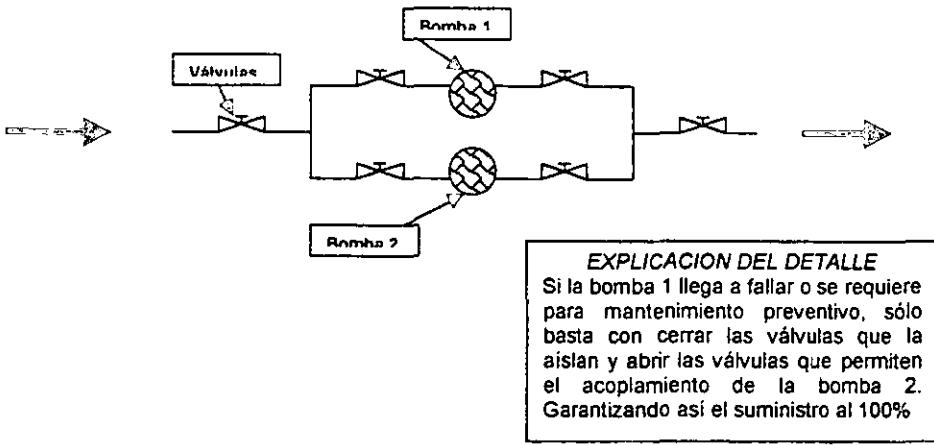
El costo de este sistema es de USD\$1,225.00. El bajo costo es la principal ventaja que me ofrece el sistema. Así mismo una desventaja radica en que si se daña alguna bomba, toda la línea pararía, lo cual indica que este arreglo no garantiza un 100% de eficacia, además que otro problema sería el cebado de la bomba de la línea de retorno. El esquema siguiente muestra cómo se podría ver este sistema de "3 bombas".



2.2.3.-Sistema de seis bombas.

El segundo sistema lo llamé "Sistema de 6 bombas", el cual está basado en un suministro al 100%, consiste en nunca parar por fallas en una bomba, esto se arregla poniendo dos bombas en paralelo para cada línea, es decir, para este sistema cuenta con dos bombas para enviar todo el soluble necesario a la línea de producción, dos bombas que se encargan de succionar todo el soluble de los centros de maquinado y dos bombas que se encargan exclusivamente de enviar a un tanque adicional el soluble de desecho. El costo de este sistema es justamente el doble del anterior, así mismo la capacidad de las bombas será el mismo, siendo el total de USD\$2,325.00, sin embargo sigue latente el problema de cebado de la bomba de la línea de retorno. El esquema siguiente muestra cómo quedaría este sistema y en el detalle se explica por sí solo el funcionamiento del sistema que denomine suministro al 100%.





EXPLICACION DEL DETALLE
 Si la bomba 1 llega a fallar o se requiere para mantenimiento preventivo, sólo basta con cerrar las válvulas que la aíslan y abrir las válvulas que permiten el acoplamiento de la bomba 2. Garantizando así el suministro al 100%

2.2.4.-Sistema de once bombas.

Al tercer sistema le nombré "Sistema de 11 bombas", éste fue concebido a partir de la idea de tener una inversión inicial mayor pero no depender de una sola bomba que extraiga el soluble de los centros de maquinado, sin embargo la mayor ventaja que ofrece es la de siempre tener activa la red centralizada, pues en caso de fallar alguna bomba de retorno, sólo será un paro local afectando a una sola máquina y no a todo el complejo. El sistema está constituido por dos bombas para el suministro de soluble, de una

bomba a pie de cada centro de maquinado (8 en total) y una que se encarga exclusivamente de enviar al tanque adicional el soluble de desecho.

El cálculo de la bomba de suministro a los centros de maquinado es similar a los dos sistemas anteriores, para el cálculo de las bombas que se encontrarían a pie de máquina, el volumen a manejar será de:

Vol. de cada centro de maquinado = 500 l

Pérdidas de operación = 100 l

Volumen total a utilizar₁ = 600 l

Recordando que existen 4 máquinas que tienen su propia unidad de enfriamiento, el volumen para éstas será de:

Vol. total a utilizar = 600 + 250 = 850 l

Otra condición a recordar es que se deberá recircular el fluido 3 veces por día:

Vol. total₁ = 600 x 3 = 1800 l/día

Vol. total₂ = 850 x 3 = 2550 l/día

Ahora realicemos las conversiones necesarias:

1800 l/día = 0.32 gpm

2550 l/día = 0.46 gpm

Aplicando el factor del 25% comentado en los cálculos de los dos anteriores sistemas de bombas,

$$0.32 \times 1.25 = 0.4 \text{ gpm}$$

$$0.46 \times 1.25 = 0.58 \text{ gpm}$$

Consultando el equipo de bombeo en el mercado, recordando las condiciones de la tubería que son, 48 m de largo y 2.5 m de diferencia de alturas, el diámetro de la tubería será de 1.5 in; el equipo que nos conviene para ambos casos (centros de maquinado con y sin unidad de enfriamiento) será:

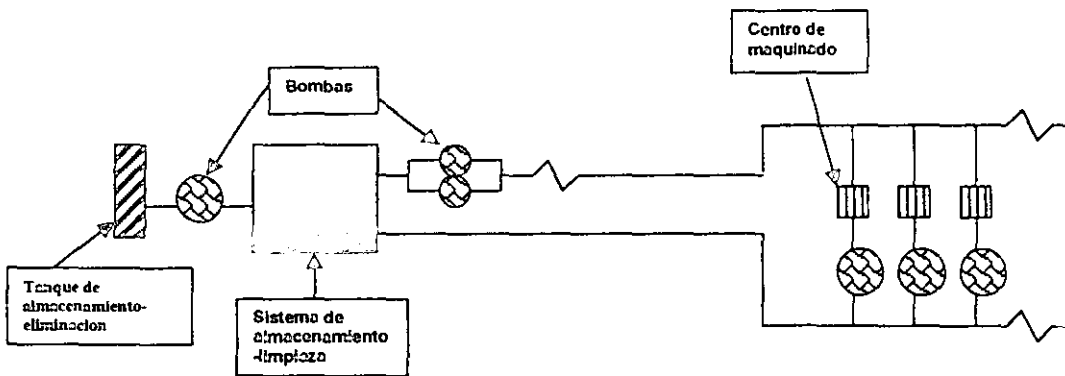
Bomba centrífuga de 2 gpm, 5ft, 2HP, 2645 rpm

En lo que respecta a la bomba que enviará el soluble degradado a su tanque de almacenamiento, es idéntica a la obtenida en los sistemas de bombas anteriores, es decir, será de 0.5 HP.

Existe una nueva variable a controlar, esta es la diferencia de presiones que existirá en las conexiones de la tubería, esto se soluciona utilizando válvulas de no retorno antes de cada intersección, para evitar que el fluido se desplace en sentido contrario, además de colocar el mismo tipo de válvulas a la salida de las bombas a fin de auxiliar en caso de haber un golpe de ariete.

El costo de esta opción es de USD\$5,625.00. Una gran desventaja es que al tener varios elementos (bombas) hay que programar su

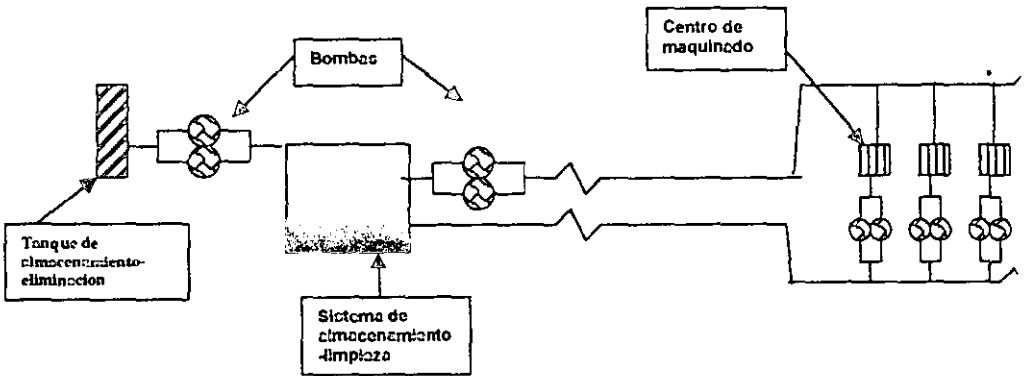
servicio de mantenimiento preventivo pues el estar trabajando 24 horas al día desgastan con facilidad. El sistema se describe en el siguiente esquema:



2.2.5.- Sistema de quince bombas.

La cuarta opción "Sistema de 15 bombas" está basado en el suministro al 100%, el cual consiste en nunca parar por fallas en una bomba, esto se arregla poniendo dos bombas en paralelo para cada línea, es decir, para este arreglo el costo es muy elevado y 100% seguro de que no habrá paros por bombas, sin embargo es buscar una garantía de cero errores a un muy alto costo. La selección del equipo de bombeo es idéntica al caso anterior

sólo que en este caso habrá que considerar 2 bombas para cada posición. En el esquema siguiente se muestra cómo trabajaría este sistema:



2.2.6.-Conclusión.

La solución de mejor resultado al problema es la tercera, denominada "Sistema de 11 bombas" por dos razones fundamentales. La primera es que garantiza el suministro al 100% y la segunda, se facilita para su control por el acomodo de las bombas. Recordando que el diámetro de la tubería será de 1.5 pulgadas, se realizará la selección de todas las partes necesarias para su montaje e instalación en la siguiente sección.

Las configuraciones obtenidas se vaciaron en una matriz de características para evaluarlas en cuanto a costo, potencia y mantenimiento. Para efectos de este estudio en la tabla siguiente se muestran los mejores resultados de mencionada matriz, en una columna se muestra la cantidad de bombas, en otra la capacidad de éstas y por último el costo unitario del equipo así como el costo total.

SISTEMAS DE BOMBEO PROPUESTOS

SISTEMA	DESCRIPCION	No.	COSTO (USD)	TOTAL (USD)
Sistema de 3 bombas: una para succionar una para suministrar y una tanque de eliminación	Bomba para succión (4 gpm, 10 ft, 3HP, 3645 rpm)	1	\$550.00	\$550.00
	Bomba para suministro (4 gpm, 10 ft, 3HP, 3645 rpm)	1	\$550.00	\$550.00
	Bomba para eliminación (1/2 HP)	1	\$125.00	\$125.00
	TOTAL			\$1,225.00
Sistema de 6 bombas: dos para succionar, dos para suministrar y dos tanque de eliminación	Bomba para succión (4 gpm, 10 ft, 3HP, 3645 rpm)	2	\$550.00	\$1,100.00
	Bomba para suministro (4 gpm, 10 ft, 3HP, 3645 rpm)	2	\$550.00	\$1,100.00
	Bomba para eliminación (1/2 HP)	1	\$125.00	\$125.00
	TOTAL			\$2,325.00
Sistema de 11 bombas: una para cada centro de maquinado, dos para suministro y una tanque de eliminación.	Bomba para retorno (2 gpm, 5 ft, 2HP, 3645 rpm)	8	\$550.00	\$4,400.00
	Bomba para suministro (4 gpm, 10 ft, 3HP, 3645 rpm)	2	\$550.00	\$1,100.00
	Bomba para eliminación (1/2 HP)	1	\$125.00	\$125.00
	TOTAL			\$5,625.00
Sistema de 15 bombas: dos por centro maquinado dos para suministro y una tanque de eliminación.	Bomba para retorno (2 gpm, 5 ft, 2HP, 3645 rpm)	12	\$550.00	\$6,600.00
	Bomba para suministro (4 gpm, 10 ft, 3HP, 3645 rpm)	2	\$500.00	\$1,000.00
	Bomba para eliminación (1/2 HP)	1	\$125.00	\$125.00
	TOTAL			\$7,725.00

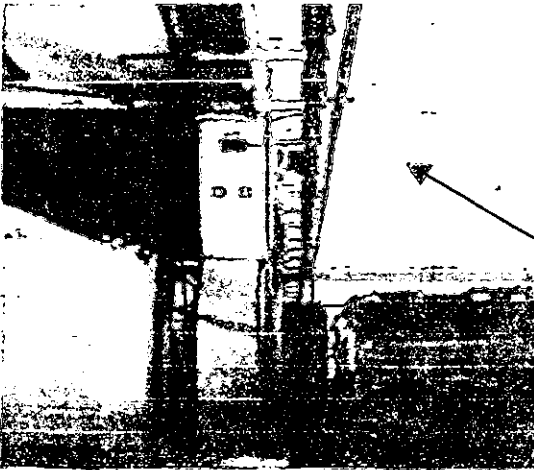
2.3.-UBICACIÓN DE LA TUBERÍA

Se han definido los diámetros de la tubería en función de los sistemas de bombeo a utilizar tal y como se demostró en la sección 2.2 de esta tesis. Esta sección define cómo y dónde será la ubicación de la red, es decir, debido a que la red es un dispositivo nuevo, se deberán hacer los movimientos de maquinaria y reubicación de éstas para permitir el paso de las líneas de distribución.

Hay dos variables a considerar para esto, éstas son:

A).- Estética

B).- Mantenimiento



En estas ménsulas se colocará la instalación aérea.

El tipo de tubería a emplearse debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Larga duración: no sea corroída por la sustancia que transporta y sufra lo menos posible de abrasión por las partículas suspendidas.
- Bajo mantenimiento: pintarla lo menos posible para darle un buen aspecto.
- Fácil detección de fallas.
- Ecológica: No genere vapores y/o productos contaminantes al medio ambiente.
- Estética: cumpla con los requisitos de "belleza", de acuerdo a políticas de la empresa.
- Codificación de seguridad: existe un código de colores que indican las sustancias contenidas en las tuberías.

2.3.1.- Estética

Para cubrir el primer punto, es decir el aspecto estético, éste lo refiero al material de la tubería y las opciones no son muchas, entre ellas tenemos: acero inoxidable, acero al carbón 1045, cobre, bronce y PVC.

Para el caso del bronce y cobre, no son materiales recomendados para el tipo de fluido que vamos a utilizar. Debido a su dureza, la pared del tubo se debilitará fácilmente por la abrasión además de que existe la posibilidad de

formación de sedimentos por una reacción química entre los materiales.
(USD\$6.25/metro)

El acero al carbón 1045 es una buena opción, pues su resistencia a la abrasión es alta, así como su resistencia al medio ambiente, no crea sedimentos alcalinos pues no reacciona con el fluido, sin embargo, debe ser pintada en el exterior para que no tenga mal aspecto. (USD\$19.25/metro)

La opción del acero inoxidable es singular, no reacciona tampoco con el fluido, resiste la abrasión y tiene la ventaja de que no es necesario que se le pinte exteriormente para dar buen aspecto, pues por sí sólo tiene un color atractivo, su principal desventaja es el alto costo comparado al acero al carbón. (USD\$32.00/metro)

El PVC, al igual que el bronce y el cobre no se recomiendan para esta aplicación, pues no es una tubería para resistir presión y puede generar fugas en sus uniones. Además de que ante la abrasión por partículas suspendidas es poco resistente. (USD\$7.5/metro)

Analizando los costos se tiene lo siguiente:

MATERIAL	COSTO	OBSERVACIONES
Bronce o cobre	6.25	Puede sufrir abrasión
Acero 1045	19.25	Buena opción
Acero inoxidable	32.00	Buena opción
PVC	7.5	No resiste presiones altas

Por lo tanto, la mejor opción será el acero al carbón 1045, pues por su costo y duración lo hacen tener un beneficio marginal superior a los demás materiales.

2.3.2.- Mantenimiento

Para cubrir el aspecto de mantenimiento, nos encontramos entre dos posibles soluciones: instalación aérea o terrestre.

Las diferencias se muestran en la siguiente tabla:

AÉREA

Mayor gasto en tramos de tubería
Inmediata detección de fugas
Ocupa mayor espacio por estar al aire libre
Gasto en identificación de la tubería
Escalable
USD\$25.00 / metro

TERRESTRE

Gasto por levantar y resanar el piso
Difícil prevención de fugas
Mayor costo en solución de problemas
Líneas ocultas, por consecuencia maximización de espacios
Mayor inversión al ramificar
USD\$42.00 / metro

Con base en estas comparaciones se determina que sea aérea, justificándose de la siguiente manera:

- Bajo mantenimiento: sólo habrá que cuidar los puntos de unión, pues son las zonas de más alto riesgo de falla.
- Fácil detección de fallas: como están a la vista, se ven dónde se encuentran.
- Escalable: con sólo adicionar tubería se puede dar abasto a otras partes de la planta.
- Versátil: debido a que existen cambios en los "lay-out" de la maquinaria y equipo, se puede adecuar a éstos sin tener que gastar en levantar el piso para hacer pasar la nueva tubería.
- Más económica que la subterránea: el costo por metro es 37% menor.
- Se puede manejar con Seguridad Industrial que el color gris Plata sea el de identificación de solubles refrigerantes contenidos en las tuberías de la planta.

El costo total de la tubería en acero 1045 con todos los elementos que la integrarán, se muestra en la tabla siguiente:

TUBERIA DE ACERO 1045

ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	TOTAL (USD)
Tubería Acero 1045 ced.40 tipo 304 c/c. Long. 6.1m por tramo.	50 m @ 2.5"	34.15 USD/m	1,707.50
	100 m @ 2"	21.23 USD/m	2123
Conexiones "T" 2"	8	19.32	154.56
Codos 45°	11	11.28	124.08
Codos 90°	6	9.79	58.74
Coples	20	11.28	225.6
Válvulas de compuerta	13	80	1040
		TOTAL	5,433.48

2.3.3.- Conclusión

Como se puede observar, el material que mejor beneficio marginal nos da es el acero 1045, y la forma de instalación de la tubería se realizará de forma aérea. En un análisis global de esta sección, se puede observar que la posibilidad de crecimiento es alta, siendo este un bastión para sostener un sistema de tuberías apto a la planta. Por políticas de empresa, la escalabilidad es un factor preponderante en cualquier inversión de nuevos equipos. Cabe recordar que las especificaciones de la tubería (caudal, flujo, diámetro, etc.) se obtienen en la sección anterior "Selección del sistema de bombeo".

2.4.- SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Una política de la empresa para el área de controladores es mantenerse dentro de ciertos tipos, esto con el fin de tener partes y refacciones en cantidad y tiempo adecuados a esto se le ha llamado estandarización de equipos. En lo que corresponde a los PLC's, el tipo de equipos que se utilizan son la familia 5 de Allen Bradley, por ello se seleccionará el tipo de elementos necesarios dentro de estos parámetros.

Para controlar el paso de los fluidos y sus respectivos niveles en los tanques de almacenamiento individual se utilizarán electroválvulas de dos posiciones (on-off) dirigidas por sensores capacitivos de nivel, los que indicarán el nivel máximo y el mínimo permisible. Para determinar el estado del soluble refrigerante en el sistema se utilizará un pH-ímetro digital, el cual indicará la acidez de la sustancia, y de esta forma permitir que de forma automática se suministre una porción de biocida a razón de 100 ml por descarga a intervalos de 10 minutos hasta que la acidez en el sistema esté dentro de parámetros normales, es decir será una sustancia neutra.

El motivo por el cual se utilizarán PLC's en el control es por la sencillez que ofrecen en su uso. Además que no se ven afectados por vibraciones²³ causadas por la maquinaria en la planta industrial, son de bajo mantenimiento por su constitución física de relevadores y son de fácil intercambio²⁴. La escalabilidad es un factor muy importante, pues en caso necesario se pueden ampliar agregando módulos²⁵. Este sistema está en la lista que a continuación se muestra:

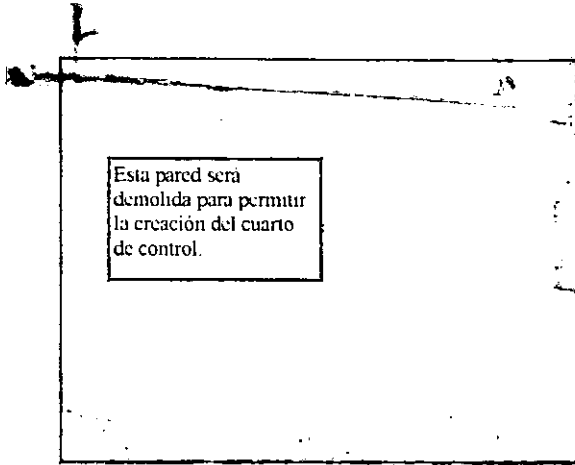
Dispositivo	Costo (USD)
Sensores capacitivos de nivel (12)	\$ 1644
pH-ímetro digital	\$ 950
PLC 2 módulos de 8 entradas 3 módulos de 8 salidas	\$ 3000
Tablero de control	\$ 1000

²³ Ver apéndice C pág. 6

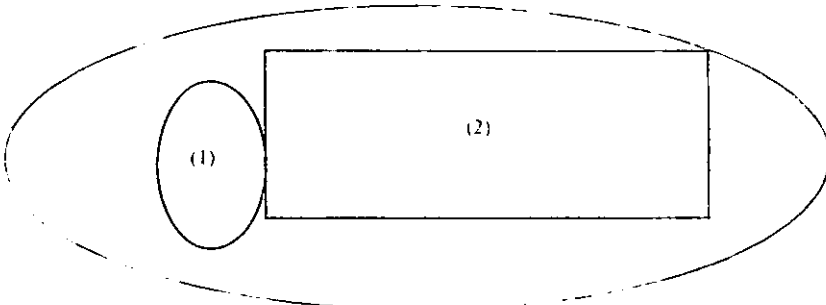
²⁴ Ver apéndice C pág. 7

²⁵ Ver apéndice C pág. 9

Todo este sistema de control montado en un tablero, se encontrará situado a un costado del dispositivo de limpieza, y ambos se encontrarán en el cuarto de control el cual se creará en el costado oeste de la planta



Dicho cuarto de control tendrá las dimensiones necesarias para contener el sistema de control, el dispositivo de limpieza, un tanque almacenador de soluble refrigerante degradado, y todas las bombas necesarias. tendrá accesos desde el interior de la planta por medio de unas escaleras y desde fuera de ella. Con vidrios que permitan la visibilidad desde la planta para poder lucir el sistema centralizado de soluble refrigerante. El costo aproximado de dicho cuarto de control es de USD\$ 25,000.00



En esta pared se romperá para permitir el acceso al cuarto de control de la red

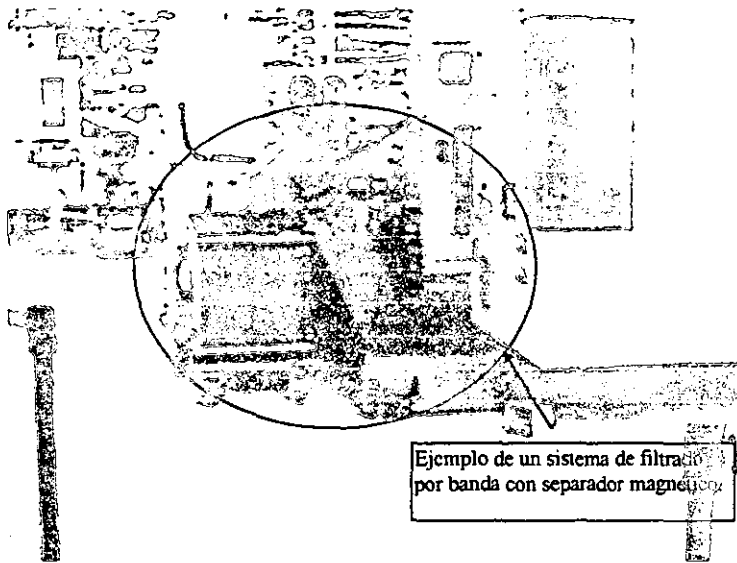
- (2) Aquí estará el acceso desde el interior de la planta
- (3) En esta área habrá ventanal que permita la visibilidad

2.5.- SELECCIÓN DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE LIMPIEZA DE SOLUBLE REFRIGERANTE

2.5.1.-Tipos existentes en el mercado.

Con base a experiencias anteriores con nuestro proveedor Mapremex. S.A. de C.V. se recomendó la maquinaria Faudi, de fabricación alemana, especializada en la construcción de filtros e instalaciones de alimentación para lubricantes y refrigerantes, líquidos en circulación y electrolitos galvánicos; desde pequeñas unidades individuales hasta las grandes instalaciones centralizadas, dotadas de componentes para mezclar, refrigerar, alimentar, templar y separar aceites extraños.

Faudi nos ofrece un asesoramiento individual para las soluciones de problemas complejos dado que cuenta en México con el equipamiento de laboratorios de investigación básica y ensayos piloto, lo cual es provechoso para nuestros nuevos proyectos pues ahí se realizan las pruebas necesarias y simulaciones, generando esto un beneficio económico para ambas partes.



2.5.2.- Tipos de sistemas Faudi.

La principal ventaja por la que se decidió optar por este fabricante, es que todos sus dispositivos son modulares, facilitando la adaptación a las necesidades de cualquier industria.

Entre los productos que esta marca está abasteciéndonos actualmente encontramos:

- Filtro automático de banda para la limpieza de emulsiones y agua.

◦Filtros para aceites refrigerantes, líquidos de super acabado, dieléctricos, líquidos para circuitos cerrados, este tipo de dispositivos está concebido para el tratamiento de grandes caudales.

◦Microfiltros.

◦Elementos de repuesto para microfiltros en diversas dimensiones y especificaciones.

◦Filtro separador de agua, destinado a la separación mecánica por fases (coalescencia) y simultáneamente bajo un filtrado finísimo, utilizable en combustibles de aviación y otros productos petrolíferos.

◦Filtro separador de agua en ejecución horizontal y vertical.

2.5.3.- Selección del sistema de limpieza.

El tamaño y características del equipo que se requiere deberán tener las siguientes características:

Capacidad Total = 5000 lts

Filtrado = 4 etapas desde partículas de 3 mm hasta 5 μ m con
separador de aceites

Razón de filtrado = 25 l/h

Además de cubrir las siguientes necesidades:

- Retener los residuos metálicos o sólidos que puedan estar presentes en el sistema.

- Retener las partículas sólidas suspendidas en el soluble refrigerante mayores a 5 micras de tamaño.
- Capacidad de separar y extraer aceites y otras grasas provenientes del sistema de lubricación del mismo centro de maquinado.
- Capacidad suficiente para abastecer los centros de maquinado de las nuevas líneas automatizadas de toda la planta industrial.
- Fácil limpieza del mismo dispositivo.
- Larga duración de sus elementos como son: filtros, bandas, etc.
- Bajo mantenimiento.

En base a los diferentes dispositivos con los que esta marca cuenta y por los parámetros que se marcaron, el sistema que más se adecua a las necesidades es un dispositivo de filtrado universal tipo FUF 6-1000 con capacidad de filtrar 25 litros por hora. Dicho equipo cuenta con bandas filtrantes de 3 mm, 40 μm , 10 μm y 5 μm ; un dispositivo modular externo para separar aceites, el cual funciona por medio de unos tubos plastificados, los cuales al ponerse en contacto con el aceite y sustancias similares se adhieren. Estos tubos plastificados se limpian manualmente y se rocían con un producto químico que el proveedor suministra. Este equipo tiene un costo de USD\$55,000.00.

2.6.-RESUMEN PARCIAL.

Se seleccionó el soluble refrigerante Cimstar 540 de la marca Cincinnati Millacron.

Utilizaremos un arreglo de 11 bombas centrífugas para el manejo del soluble, con una tubería de acero al carbón de diámetro 1.5", la cual se instalará a lo largo del techo de la planta (instalación aérea).

Todo el control de la red se realizará desde un cuarto de control ubicado en un costado de la nave industrial, a través de controladores lógicos programables (PLC's), sensores capacitivos de nivel, pH-ímetros digitales, etc.

Además, para la limpieza y regulación del soluble refrigerante se utilizará un sistema modular Faudi de tratamiento de solubles.

Y por último, para la eliminación del soluble degradado, se contratará el servicio externo del mismo distribuidor del soluble refrigerante por el método llamado "Rompimiento químico".

El costo total de los diferentes elementos que componen la red se desglosan en la siguiente tabla, se anexa también el costo por eliminación del soluble refrigerante degradado, pero no se considera dentro de la inversión inicial:

ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO (USD)
Soluble (primera carga)	250	\$ 2.88	\$ 720.00
Equipo de bombeo	1	\$ 5,625.00	\$ 5,625.00
Tubería	1	\$ 5,433.48	\$ 5,433.48
Equipo de control	1	\$ 6,594.00	\$ 6,594.00
Cuarto de control	1	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
Equipo de limpieza	1	\$ 55,000.00	\$ 55,000.00
		TOTAL INVERSIÓN	\$ 75,872.48
Eliminación del soluble (rompimiento químico)	1	\$ 2,633.42	\$ 2,633.42

CAPITULO 3.- EVALUACIÓN COSTO-BENEFICIO

Se dividió en dos etapas la justificación del proyecto, la primera es en base al costo de la mano de obra y la segunda en base al costo de pérdida de la capacidad productiva.

3.1.-PRIMERA ETAPA.

La primera fue la comparación de los costos de mano de obra por tres conceptos:

- Cambio de soluble refrigerante
- Recargas en las unidades de almacenamiento
- Inspecciones de las condiciones del soluble

Por lo que respecta al cambio de soluble refrigerante, esta actividad se define como la sustitución de soluble degradado por soluble refrigerante en buen estado o nuevo.

Una recarga se define como agregar soluble refrigerante concentrado o algún solvente que nivele la mezcla en su composición molar así como obtener los niveles volumétricos adecuados, es decir, si el nivel en el tanque de almacenamiento está alcanzando los niveles inferiores y ya rebasó éstos, habrá que agregar solución hasta dejar el tanque de almacenamiento en niveles operativos.

Las inspecciones de las condiciones son actividades que sin detener la maquinaria durante su proceso productivo, se realizan para verificar el estado del soluble refrigerante, esto se realiza con dos dispositivos: un refractómetro y un pHímetro. El refractómetro es un dispositivo en el cual se

vierten unas cuantas gotas en una lente, la cual al proyectarse contra la luz se genera un espectro luminoso que nos indica si el soluble se encuentra en las proporciones molares adecuadas o hace falta algún elemento pudiendo ser en este caso soluto (soluble refrigerante concentrado) o solvente (agua).

El pHímetro, como su nombre lo indica es un dispositivo que verifica el pH de alguna sustancia, es decir la acidez de ésta. Un alto índice ácido indica que se requiere de agregar algún biocida pues la concentración de bacterias está creciendo, y un pH bajo (alcalino) significa que nuestra sustancia está por debajo de los índices operativos para un buen desempeño de la operación además de crear problemas como la dermatitis, entre otras.¹

Esta evaluación comparativa se creó con los datos actuales que existen en la empresa y los datos proyectados a obtener con la red centralizada una vez ya puesta en marcha, cabe aclarar que para realizar esta operación, todas las cantidades se cambiaron a dólares americanos al tipo de cambio del día 02 de febrero del 2000, esto con fines de estandarización de unidades y así tener un comparativo más seguro ante la adversidad de precios en el mercado.

Las condiciones que se estudiaron en la empresa son:

- Actualmente se realiza la operación de solubles con un operador nivel A, es decir, una persona de nivel operativo de poca experiencia o recién ingreso el cual percibe un salario de USD\$6.84 diarios
- Se describieron las diferentes actividades que se realizan para el mantenimiento de los centros de maquinado en lo que

¹ Ver apéndice A págs. 6-7

respecta a los solubles refrigerantes, es decir, todas las actividades que no se realizan directamente en la línea de producción pero que representa un costo por utilización de este recurso, además de contabilizar el tiempo de operación.

Estas actividades son:

- Llenado de góndola con agua².
- Preparación del soluble al 5%³.
- Vaciado del tanque de almacenamiento.
- Suministro al centro de maquinado⁴
- Transporte de góndola

Los resultados obtenidos en esta investigación se vaciaron en la siguiente tabla, cabe recordar que éstos son los valores para utilizar como referencia de la evaluación de nuestro proyecto, están anualizados y en dólares:

² Recipiente que se utiliza para transportar líquidos no volátiles, tiene capacidad de 250 litros.

³ Ver Cap. 2 pág. 30

⁴ Se realiza por gravedad de la góndola al tanque de almacenamiento.

Sueldo de un operador nivel A	\$6.84	dólares americanos diarios en un turno de 8 horas al día cinco veces a la semana (tipo de cambio al 01-feb-00)
MANO DE OBRA		
ACTUAL: Los resultados se expresan en total para los 6 centros de maquinado		
CAMBIO DE SOLUBLE REFRIGERANTE		
		<i>Frecuencia 1 vez al mes</i>
	Tiempo per máquina (min)	Tiempo total per los 6 C.M. (min)
Llenado de góndola con agua	25	150
Preparación del soluble	20	120
Vaciado del tanque del C.M.	10	60
Suministro al C.M.	10	60
Transporte de góndola	15	180
	TOTAL (min)	570
	Costo anual	\$87.40
RECARGAS		
		<i>Frecuencia Mensual</i>
	Tiempo per máquina (min)	Total de tiempo per los 6 C.M. (min)
Llenado de la góndola	25	50
Preparación del soluble al 5%	20	40
Transporte de la góndola	15	60
Alimentación del C.M.	10	60
	TOTAL (min)	210
	Costo anual	\$78.75
INSPECCIONES DEL SOLUBLE REFRIGERANTE		
		<i>Frecuencia Diario</i>
	Tiempo per máquina (min)	Total de tiempo per los 6 C.M. (min)
Uso de refractómetro	10	60
	TOTAL (min)	60
	Costo anual	\$612.50

De manera similar y utilizando los mismos parámetros, se realizó la proyección de los resultados que se obtendrían con la red centralizada una vez operando. En este caso, se intercambié el nivel del personal operativo, pues ahora requeriremos alguien que conozca sobre interpretación de señales en PLC's y tenga experiencia para definir que acciones tomar en caso de alguna externalidad, por ello definimos que lo ideal sería un operador nivel B, es decir alguien que tenga experiencia en planta por lo menos de 3 años y que conozca acerca de controles.

Asi mismo, ha desaparecido el concepto de recargas, pues éstas desaparecen al tener recirculando de tiempo completo el soluble refrigerante en todo el sistema. Las actividades de cambio de soluble y de inspección de soluble son más rápidas porque desaparecen múltiples actividades que restan tiempo a la actividad.

Los valores proyectados se muestran en la siguiente tabla:

Sueldo de un operador nivel B	\$	7.25	dólares americanos diarios en turnos de 8 horas al día cinco veces a la semana (tipo de cambio del día 01-feb-00)
MANO DE OBRA			
Lo que espero al tener la rod centralizada ya instalada			
CAMBIO DE SOLUBLE REFRIGERANTE			<i>Frecuencia: 1 vez/bimestre</i>
	<u>Tiempo (min)</u>	<u>Repetición del evento (veces / día)</u>	<u>Total de tiempo por los 8 C.M. (min el día)</u>
Vaciado del tanque del C.M.	13	1	13
Suministro al C.M.	13	1	13
	Total (min el día)		26
	Costo anual		\$2.36
INSPECCIONES DEL SOLUBLE REFRIGERANTE			<i>Frecuencia: 3 veces/día</i>
	<u>Tiempo (min)</u>	<u>Repetición del evento</u>	<u>Total de tiempo por los 8 C.M. (min)</u>
Inspección tablero de control	10	2	20
	Costo anual		\$244.69

Así entonces se genera una tabla de comparación entre ambos casos y se obtienen los siguientes resultados:

COMPARATIVO EN COSTO DE MANO DE OBRA				
ANUAL				
	Actual	Con la Red Centralizada	Ahorro generado	
<u>CAMBIO DE SOLUBLE REFRIGERANTE</u>	\$ 97.40	\$ 2.36	97.50%	
<u>RECARGAS</u>	\$ 78.75	\$ -	100%	
<u>INSPECCIONES PERIÓDICAS</u>	\$ 612.50	\$ 244.69	60.10%	

Con los datos mostrados en la tabla anterior se puede concluir que el ahorro promedio en la mano de obra estará por encima del 85%, es decir, dado que la mano del hombre interviene menos, se generará una pérdida de tiempo menor y por lo tanto un mejor aprovechamiento de los recursos de la Empresa, no significando esto que la Empresa deba reducir su nómina, sino que debe capacitar al operador para la correcta utilización de la red centralizada.

3.2.-SEGUNDA ETAPA.

La segunda etapa de esta evaluación consiste en evaluar el impacto en la productividad.

El proceso de cambio, recarga o inspección del soluble no da ningún valor agregado al producto terminado, sin embargo emplean tiempo para lo cual la línea de producción debe interrumpir su proceso. La reducción de tiempo en estas actividades favorece la productividad pues se eliminan los llamado "tiempos muertos".

Esto se puede contabilizar de la siguiente forma: las piezas no producidas por estos tiempos muertos se cuentan y se multiplican por el costo de las mismas como producto terminado. El resultado nos determinará cuánto se ha perdido en producción o capacidad productiva.

Para este cálculo se considerará la fabricación de un portadiferencial modelo 44, el cual tiene un costo de producción equivalente a USD\$35.00. Este valor se obtiene en la ponderación de todos los costos de producción en el movimiento del año 1999.

La siguiente tabla muestra los valores de pérdida de la capacidad productiva anual, bajo el esquema actual de las actividades sobre los solubles refrigerantes; cabe aclarar que en este caso las únicas actividades que afectan a la producción son el cambio de soluble refrigerante y las recargas de solución:

SITUACION ACTUAL

Costo de no producir anual

El costo de un portadiferencial es de \$ 35 00 dólares americanos, cantidad ponderada en el estado de resultados del movimiento 1999

CAMBIO DE SOLUBLE REFRIGERANTE

Frecuencia 1 vez al mes

	Tiempo de paro por máquina (min)	Piezas producidas por hora por máquina	Total de piezas no producidas
Paro de producción	95	10	16
	16 pzas/mes a USD\$35 =		554 17
Al año representara un costo de =			\$ 6.650 00

Recordando que la línea cuenta con tres máquinas,
entonces se obtiene

Costo total de parar toda la línea \$ 19.950 00

RECARGA

Frecuencia 3 por semana

	Tiempo de paro por máquina (min)	Piezas producidas por hora por máquina	Total de piezas no producidas
Paro de producción	69.5	10	11.6
	11.6 pzas por cada paro con frecuencia de tres veces por semana =		35
	23 piezas por semana, en un año representa =		1890
Al año representara un costo de =			\$ 66.150 00

Recordando que la línea cuenta con tres máquinas,
entonces se obtiene

Costo total de parar toda la línea \$ 198.450 00

Ahora bien, los valores proyectados con la creación de la red centralizada se muestra en la siguiente tabla, donde sólo se puede contabilizar el cambio de soluble, pues ésta es la única actividad que generaría tiempos muertos:

CON EL SISTEMA CENTRALIZADO		
Costo de No producir o Pérdida de capacidad productiva		
El costo de un portadiferencial es de \$ 35.00 dólares americanos, cantidad ponderada en el estado de resultados del movimiento 1999		
<u>CAMBIO DE SOLUBLE REFRIGERANTE</u>		<i>Frecuencia: 1 vez al mes</i>
	Tiempo de paro por máquina (min)	Piezas producidas por hora por máquina
Paro de producción	13	10
		Total de piezas no producidas
	2 piezas al mes representan al año =	
		24
A un costo de USD635 la pieza, se concluye que se tiene un		
Costo de parar una máquina al año		\$910.00
Costo total de parar toda la línea		\$2,730.00

Del mismo modo que en el costo de la mano de obra (ver sección anterior), se vació la información en una tabla comparativa expresando los porcentajes de beneficio que se alcanzarían una vez que esté en operación la red:

<u>COMPARATIVO DEL COSTO DE NO PRODUCCIÓN O PERDIDA DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA</u>			
COSTO ANUAL			
	Actual	Con la Red	Ahorro generado
<u>CAMBIO DE SOLUBLE REFRIGERANTE</u>	\$ 19,950.00	\$ 2,730.00	86.31%
<u>RECARGAS</u>	\$ 198,450.00	\$ -	100%

3.3.-CONCLUSIÓN.

La reducción del costo de mano de obra promedio es de 85.86% y la disminución de la no productividad en promedio será del 93.55%. Esto es, en mano de obra se tendrá un ahorro de USD\$541.6 y en productividad de USD\$215,670.00 anuales.

Generando un ahorro total de USD\$216,211.6; lo cual si se compara con la inversión del equipo (USD\$75,872.48⁵) representa un retorno sobre la inversión de casi cinco meses, significando esto que el desarrollo de este sistema centralizado es altamente rentable y resulta ser atractivo para la empresa.

MANO DE OBRA	ANTES	DESPUES
Cambio de soluble	\$ 97.40	\$ 2.36
Recarga de soluble	\$ 78.75	\$ -
Inspecciones periódicas	\$ 612.50	\$ 244.68

⁵ Ver Capítulo 2 pág. 81

CONCLUSIONS

En el proceso de mejora continua de la Empresa se concibe la idea de crear una red centralizada de soluble refrigerante que suministre dicho fluido a todos y cada uno de los centros de maquinado para optimizar su operación.

La decisión de crear esta red generó ciertas expectativas que se manifiestan como objetivos puntuales de esta tesis, el sistema centralizado una vez puesto en marcha ha generado las siguientes observaciones que para efectos de este trabajo se considerarán como conclusiones:

- Casi se logra una reducción a cero horas de paro de maquinaria por cambio y falta de soluble refrigerante. Aunque se ha observado que no es posible en un 100% pues algunas veces se debe dar mantenimiento al sistema y esto detendrá el ciclo productivo, sin embargo, para realizar este servicio de mantenimiento se puede realizar en un fin de semana donde la línea de producción no esté operando.
- Disminución del consumo de soluble refrigerante por recargas. Debido a que el operador revisa con un refractómetro la concentración molar y trata de manera manual corregir cualquier desviación, algunas veces se pueden cometer errores y agregar demasiado soluble concentrado, lo cual es innecesario y se considera un desperdicio. Con el uso de la red centralizada se disminuye el grado de error en el suministro de soluble concentrado, ahorrando una parte proporcional de sustancia.

- Prolongar la vida de las herramientas de corte en lo que respecta a desgaste por abrasión generado a partir del incremento de la temperatura.
- Mantener limpias y en buen estado las partes y dispositivos de operación dentro de las máquinas, pues se aprovechó esta propiedad de algunos solubles refrigerantes que existen en el mercado.
- Reducir los costos indirectos de producción generados por acciones de recarga e inspección de los tanques de almacenamiento en los centros de maquinado. La red por sí sola, a través del uso de PLC's, sensa y determina el estado de la sustancia así como los niveles efectivos de operación, favoreciendo el uso del factor humano en operaciones que desarrollen aptitudes hacia la producción y no sólo realice acciones repetitivas.

Durante la puesta en marcha del proyecto se ha observado que la red cuenta con un valor agregado a lo que se tenía planeado. Esto es, la red centralizada se concibió en un principio para atender sólo a una línea de producción, sin embargo, dadas las políticas de crecimiento de la Empresa, la red se ha modificado para una posible expansión a todas las futuras líneas automatizadas.

- El sistema de limpieza del soluble refrigerante es modular el cual puede ser expandido hasta en un 500%, en otras palabras se pueden comprar sólo las partes necesarias para tener una capacidad mayor por encima del 100%.
- El sistema de tuberías. En la línea de suministro se puede ramificar y crear un sistema de bombeo paralelo para hacer llegar el soluble refrigerante hasta casi cualquier rincón de la planta; aunado a que las líneas de retorno, gracias a que son independientes entre sí, pueden ser añadidas cuantas más sean necesarias
- El uso de PLC's hace por sí sólo un sistema escalable sin límite, pues con sólo colocar módulos de entradas o salidas (según lo que necesite) puede expandirse para tener un mayor número de equipos bajo este dominio.

Del mismo modo, en el aspecto del control, la selección de sensores para este proyecto se determinaron en función de la falta de espacio en los tanques de almacenamiento, esto aunado a la estética nos dio por resultado un sensor capacitivo de nivel, sin embargo se pueden aplicar diversos sensores de acuerdo a las posibilidades de cada máquina.

Como actualmente se cuenta con sólo una línea de producción operante, la red podría ser utilizada como apoyo a las líneas convencionales por un período de tiempo indefinido hasta que se tenga la total modernización de la nave industrial; siendo ésta una forma más de amortizar la inversión inicial en función del beneficio que se tenga con esta aplicación.

Para terminar, analizando los resultados que se obtienen al trabajar con un sistema centralizado, se puede observar cierta similitud con el concepto de globalización que actualmente sufre nuestro planeta. Análogamente, un sistema centralizado es eliminar las barreras físicas de cada unidad de almacenamiento cambiándolas por una unidad central que cuide y procure los niveles adecuados para mantener los niveles productivos adecuados. Un sistema centralizado no incrementará en ningún momento la capacidad productiva de una línea de producción dada, sólo eliminará la no productividad en ciertos periodos de tiempo pues se eliminan los tiempos de paro de maquinaria por un mal control de los niveles operativos.

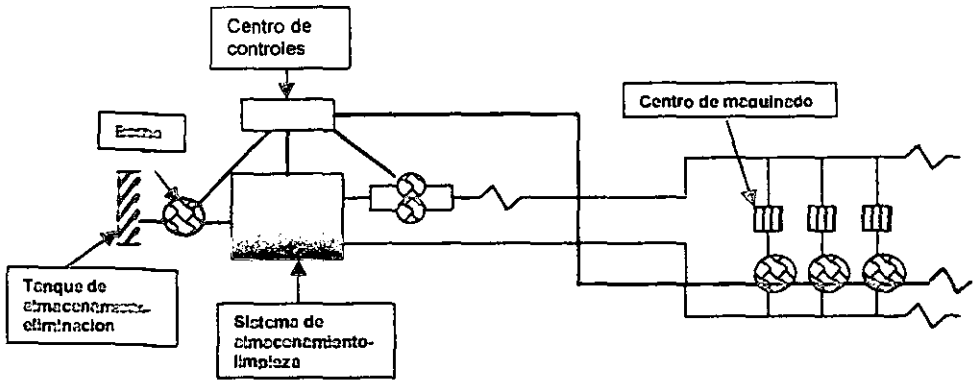
En general, la creación de una red centralizada de soluble refrigerante se puede visualizar como un proceso de especialización por parte del área de manufactura que generará utilidades tanto en el corto como en el largo plazo.

APORTACIONES DE ESTE TRABAJO

El tener casi un control total de todos los factores que intervienen en el proceso productivo es crucial para reducir costos y a su vez mantener la calidad. El desarrollo de este trabajo está enfocado a fomentar la especialización de equipos de trabajo que, en forma conjunta a todas las áreas de la empresa, busquen reducción de gastos que no dan valor a un producto.

Una red centralizada de soluble refrigerante en una opción más para tener control sobre todas las actividades que involucra el proceso productivo. Actualmente en el mercado se tienen máquinas que cuentan con pequeñas o medianas unidades compartidas (a manera de sistemas centralizados) para el manejo de solubles refrigerantes. Pero, ¿Qué pasa con las empresas que tienen maquinaria de hace 5 o más años? Los fabricante de equipos no están interesados en actualizar estas máquinas, pues no es rentable. Ahí es donde un proyecto de este tipo se puede aplicar y tener resultados positivos en el impacto del gasto por no productividad por un mal control de solubles refrigerantes.

Este trabajo sugiere una alternativa en el control y manejo de los solubles refrigerantes el cual puede resultar benéfico en algunos sectores y puede resultar sólo un gasto para otros.



ESTOY AQUÍ NO SALI
 DE LA BARRERA

BIBLIOGRAFÍA

1.- MATAIX Plana, Claudio, Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas. México, D.F., Editorial Harla, 1993, 2a. Edición.

2.- STREETER L, Víctor, Mecánica de los Fluidos. México D.F., Editorial Mc Graw Hill, 1990, 3a. Edición

3.- OGATA, Katsuhiko, Ingeniería de Control Moderna. México D.F. Editorial Prentice Hall, 1994, 2a. edición.

4.- BEER Ferdinand P, Johnston E. Russel Jr., Mecánica de Materiales. México, McGraw Hill, 1989, 5ta. Edición.

5.- GROOVER, Mikell, Robótica Industrial. España, McGraw Hill, 1989.

6.- COIFFET, CHIROUZE, Elementos de Automatización. España, Gustavo Gili, 1986.

7.- MILLAN, Salvador, Automatización Neumática y Electroneumática. México, Alfaomega, 1996.

8.- Bombas Rotodinámicas (Centrífugas)
Catálogo, Siemens.

9.- Boletín Industrial
Editorial Nova. 1999

10.- Sistemas Faudj
Mapremex, S.A., de C.V. 1998

- 11.- Solubles Refrigerantes
Cincinnati Millacron. 1997, 2da. Ed.
- 12.- Catálogo de Solubles Refrigerantes
ASINSA, México. 1998.
- 13.- Solubles Refrigerantes: Usos y Aplicaciones.
Fuchs de México. 1998
- 14.- Tipos de Solubles Refrigerantes
Equimsa. 1998.
- 15.- Catálogo de Solubles Refrigerantes.
Monroe, USA. 1997.
- 16.- Automatizar con Neumática,
Catálogo Básico, Festo Pneumatic, 1990.
- 17.- Familia 5,
Catálogo, Allen Bradley, 1998.

APÉNDICE A:
SOLUBLES REFRIGÉRANTES

A.1.-GENERALIDADES. TIPOS Y CLASIFICACIÓN.

Lo primordial para la empresa es brindar satisfacción a los clientes, por medio de productos de alta calidad; y para lograr las especificaciones requeridas por ellos, es necesario tener un control absoluto sobre todos los procesos que se realizan en nuestra empresa.

La mayoría de los procesos que se realizan son de alta precisión, y para alcanzarla hay que cuidar características tales como tipo de herramental, material y tiempo de vida de la herramienta de corte, lubricación, enfriamiento, condiciones de maquinado, etc.

Para los fines de este estudio el foco principal serán los solubles refrigerantes de corte.

La finalidad de un soluble refrigerante de corte es aprovechar la excelente capacidad térmica del agua para controlar el calor en los procesos de maquinado. Siempre se deben cubrir cinco funciones principales, sin perder de vista la importancia relativa que tienen, la cual depende del material a maquinar, el rango de corte, la herramienta a utilizar y el acabado superficial requerido.

Estas cinco funciones principales se enlistan a continuación:

- A).-Enfriamiento de la pieza y de la herramienta.
- B).-Control del sobrefilo.
- C).-Reducción de fricción y desgaste de la herramienta.
- D).-Protección contra oxidación. (Por cortos períodos bajo techo).
- E).-Lavado de rebaba.

A).-Enfriamiento de la pieza y herramienta

Las altas temperaturas son el enemigo de las herramientas de corte, debido a que reducen su resistencia al desgaste; por consiguiente, su vida útil.

Los fluidos proporcionan una película lubricante entre la herramienta, rebaba y la pieza, reduciendo así, la fricción y también el calor generado.

B).-Control del sobrefilo

Debido a las altas presiones de corte y la acción de la temperatura a que son sometidas las herramientas, la rebaba generada tiende a soldarse sobre la cara de la herramienta, a esto llamamos sobrefilo, pudiendo ser benéfico o perjudicial.

Si el sobrefilo es largo y plano a través de la cara de la herramienta, decrece la efectividad del ángulo de inclinación de la herramienta de corte, siendo necesario aplicar potencia para cortar el metal.

Si es pequeño y filoso, aumenta la efectividad del ángulo de inclinación y disminuye el requerimiento de la fuerza de corte ayudando a la protección del filo de la herramienta.

Si se está quebrando y deformando, una parte de la superficie es atacada con puntos de rugosidad dando un desgaste excesivo y produciendo un ataque.

C).-Reducir fricción y desgaste de la herramienta

Para que un fluido sea más efectivo en la disipación de calor, éste debe tener un alto calor específico, alto calor de vaporización y alta conductividad. Con los aceites de corte desafortunadamente no es posible, pero los solubles actuales pueden cumplir con ello, además de reducir la fricción al proporcionar una película de lubricante entre la rebaba, la herramienta y la pieza, logrando así reducir el calor generado. La cantidad de calor generado depende del tamaño del ángulo de corte.

El tamaño del ángulo de corte es controlado por el coeficiente de fricción entre la rebaba y la cara de la herramienta. A menor fricción mayor ángulo de corte, la fricción entre la rebaba y la cara es reducida por la

aplicación de un fluido lubricante de corte por lo que el calor generado es reducido.

D).-Protección contra oxidación

Previene de la oxidación formada en cortos periodos de tiempo en lugares bajo techo post-proceso de maquinado (desbaste o rectificado).

E).-Lavado de rebaba

El fluido debe ayudar a la limpieza y lavado de la máquina, manteniéndola lo más limpia posible para evitar problemas secundarios.

Cumplir con estos cinco puntos ayudan a prevenir los desechos, y en consecuencia elevar la eficiencia de calidad en los procesos de corte. En los solubles refrigerantes es de vital importancia el monitoreo, control y mantenimiento constante de los mismos para prolongar su tiempo de vida. Los parámetros a controlar son los siguientes:

- ❖ Concentración
- ❖ PH
- ❖ Material atrapado
- ❖ Sólidos en suspensión
- ❖ Análisis microbiológico

- ❖ Sólidos totales disueltos
- ❖ Oxidación
- ❖ Espuma
- ❖ Estabilidad
- ❖ Lubricidad
- ❖ Ataque al metal

De no tener un control adecuado del soluble se pueden tener algunas de las siguientes consecuencias:

- ❖ Dermatitis. (cuando la concentración es muy alta o tenemos presencia de micro-organismos).
- ❖ Oxidación.
- ❖ Desarrollo microbiológico.
- ❖ Problemas de maquinados.
- ❖ Deterioro de la herramienta.
- ❖ Inestabilidad de la emulsión.
- ❖ Manchado.
- ❖ Descomposición.
- ❖ Suspensión de rebabas y finos.
- ❖ Pérdida de aditivos.
- ❖ Taponamiento de boquillas.
- ❖ Descenso de pH.

Una característica muy importante a considerar en los solubles refrigerantes es la acidez (pH), pues este indicador puede verse afectado tanto por la concentración del soluble refrigerante como por la contaminación del mismo. Las bacterias al hacer acto de presencia deben ser eliminadas con bactericidas especiales que no afecten la composición química del soluble refrigerante, de no adicionarse dichos aditivos biocidas, los micro-organismos se reproducen y como crecen de manera desproporcionada, pueden llegar a poblaciones muy grandes donde ya no hay control en el proceso de eliminación de ellos, este momento es llamado "punto de no retorno", este incremento de micro-organismos es directamente proporcional a la acidez, a partir de este punto el soluble se convierte en "alimento" para los micro-organismos, y aunque se usen bactericidas para combatirlos ya no es posible el controlarlos. Como resultado de una situación así, hay que eliminar el soluble refrigerante lo antes posible, pues despide olores desagradables y en caso de contacto de la piel con éste, puede causar dermatitis.

Por todo lo anterior, es muy importante seleccionar el mejor soluble refrigerante para los procesos. Este no es un proceso fácil pues hay que realizar pruebas de campo, consultas, realizar análisis químicos, etc., pero siempre procurando no afectar nuestro medio ambiente con vapores o sustancias que al momento de su eliminación contaminen la biósfera.

A.2.-TIPOS Y CLASIFICACIÓN DE SOLUBLES REFRIGERANTES.

En las operaciones de corte se han implementado el uso de los fluidos de corte con el fin de mejorar los acabados y prolongar la vida de las herramientas, controlando la fricción y el enfriamiento. A estos productos se les puede clasificar en cuatro grandes grupos:

- A).-Aceites de corte
- B).-Aceites solubles o emulsiones
- C).-Aceites semisintéticos
- D).-Aceites sintéticos

A).-Aceites de corte

Son denominados directos, y son aquéllos que no se mezclan con agua cuando se utilizan en el corte de metales.

B).-Aceites solubles

También llamados emulsiones, son aceites minerales conteniendo jabones para hacerlos solubles al agua, éstos rompen el aceite en partículas pequeñas y las mantienen dispersas en el agua por largos periodos de tiempo.

Por sus propiedades de enfriamiento y lubricación, éstas son utilizadas en operaciones de corte de alta velocidad, pero a bajas presiones de trabajo.

Para trabajos más pesados se les adicionan aceites grasos que mejoran su lubricidad, en el caso de los aceites solubles de extrema presión (E.P.) se adiciona azufre y cloro.

El contenido de aceite mineral en estos aceites es del 60% al 80% dependiendo de la formulación.

C).-Aceites semisintéticos

También conocidos como refrigerantes semisintéticos; tienen una base similar al de las emulsiones y se considera semisintético cuando contienen en la formulación un contenido de aceite mineral de 5% al 60%.

D).-Aceites sintéticos

Son conocidos en el medio como refrigerantes sintéticos y son usados para rectificadores y maquinados, son baratos debido a que se mezclan a concentraciones de hasta 2% y contienen en su constitución agentes humectantes, antiespumantes, y secuestrantes, inhibidores de corrosión y de bacterias, aditivos de lubricidad y de extrema presión.

A.3.-MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DE LOS SOLUBLES REFRIGERANTES.

En la industria, uno de los mayores problemas que se tiene es el impacto ecológico, está normado tanto por el Gobierno Federal como por los mismos clientes en los diversos sistemas de calidad, para nuestro caso particular nos rige el QS-9000, en el cual habla de un apartado respecto al cuidado del medio ambiente.

Es ilícito tirar los solubles refrigerantes de desecho en el sistema de drenaje de la ciudad, aunado a altas penas impuestas por las autoridades en caso de ser sorprendido; por ello se obliga a toda empresa a confinar o eliminar por algún medio sus sustancias no bio-degradables, en el caso de las sustancias bio-degradables, está igualmente prohibido tirarlos al drenaje profundo, sin embargo para la empresa, es muy fácil su re-utilización.

Los solubles refrigerantes son clasificados como sustancias no bio-degradables, aunque su composición química pudiera no ser nocivo para el medio ambiente, todos los elementos que se le integran durante su uso si son nocivos para el medio ambiente, entre ellos tenemos fierro y sus óxidos que en ciertas cantidades pueden ser letales, aceites minerales, etc., por ello en el caso específico de los solubles refrigerantes, los tres métodos más comunes hoy en día son:

- A).-Confinamiento
- B).-Evaporación
- C).-Rompimiento químico.

A).-Evaporación

Este proceso se lleva a cabo suministrando calor a la emulsión, hasta elevar su temperatura a su punto de ebullición, haciendo que todas las partes de agua que existan en el soluble refrigerante se evaporen y al final de dicho proceso sólo quedan partículas a manera de polvo o tierra, llamadas en el medio "Lodos". Estos lodos están compuestos de los residuos disueltos en el soluble refrigerante antes de entrar al proceso (sales minerales, aceites de lubricación, partículas metálicas suspendidas, etc.) y debido a su composición química, pueden ser utilizados como combustible para los hornos de las fundidoras, cementeras, etc. En otras palabras, estos lodos son incinerados. Otra forma de eliminar los lodos es a través del sistema de limpieza del Gobierno Federal, debido a que en este nivel, la sustancia ha dejado de ser tóxica, por lo tanto puede ser tirado a la basura.

Este proceso resulta ser generalmente caro, debido a la energía que se gasta en calentar la emulsión, además del agua usada, pues se evapora y se pierde definitivamente. Otro factor es el tiempo que tarda en evaporarse, éste depende del tamaño y características del dispositivo que se use.

B).-Rompimiento químico

Este método se lleva a cabo en dos pasos y se realiza a través de reacciones químicas. El primer paso consiste en separar los aceites y sustancias de densidad menor al soluble, por medio del reposo. El segundo paso es agregar algún reactivo químico, el cual hace que la emulsión se disocie completamente, provocando que el soluble se precipite. Logrando que el agua sea filtrada a través de un sistema de filtración convencional y sea recuperada para reusarse en la planta. Para reusarse se debe someter a un tratamiento especial de reciclamiento de aguas, donde se elimina la acidez, nitritos, fierro y otras sustancias tóxicas que pudiese llevar aún suspendido. Por lo que respecta a los lodos generados en este procesos, se dejan secar a temperatura ambiente y su proceso de eliminación es el mismo que en el proceso de evaporación.

Este proceso puede ser caro por las sustancias químicas que se utilizan además de la infraestructura que se requiere, sin embargo es rápido y el agua del proceso se puede volver a utilizar.

C).-Confinamiento

Este proceso es el más sencillo para las empresas manufactureras, debido a que consiste en almacenar el producto inservible en tambos o botes herméticamente sellados, con su respectiva identificación de nivel de toxicidad y a quien recurrir en caso de accidente. Este

almacenamiento puede ser en la propia nave industrial o se puede pagar a un externo para que éste último lo almacene, llegando a un acuerdo ya sea temporal o definitivo sobre dicho almacenamiento. Suele ser de elevado costo.

A.4.- INFORMACIÓN TÉCNICA DE ALGUNOS SOLUBLES REFRIGERANTES

A continuación se detallan las características de los diferentes solubles refrigerantes que se utilizaron en las pruebas realizadas en la empresa, en todos los casos se hacen anotaciones de lo beneficios que se observaron durante las pruebas.

❖ Syntilo 1023

Características:

- Soluble manufacturado por Castrol Industrial Inc.
- Costo: 3.19 USD por litro.

□ Fluido sintético para corte y rectificado. Formulado para trabajar en fundición de acero. Este soluble refrigerante está diseñado específicamente para disgregar pequeñas cantidades de aceite a través del fluido para crear una delgada capa que lubrique la superficie de corte, así mismo reduce la corrosión y el "Clinkering"¹. Facilita el monitoreo y control a través del uso de refractómetro.

¹ Clinkering es la adición de material sobre el producto terminado, favorece la oxidación y a su vez daña el acabado superficial de la pieza.

- Este soluble es recomendado para metales ferrosos en general.

Propiedades:

Concentraciones recomendadas:	
Maquinado	4 – 8%
Rectificado	3 – 5%
Apariencia de la concentración	Fluido amarillo claro
Apariencia de la emulsión	Amarillo pálido claro
PH de la concentración	9.6 – 10.0
PH de la emulsión @ 5%	9.2 – 9.6
Gravedad específica @ 15.5°C	1.068 – 1.088

Composición química:

<u>Sustancia</u>	<u>%</u>	<u>Numero CAS</u>
Oxido sódico de boro	1 – 5	1330-43-4
1,2,3-Propanetriol	1 – 5	56-81-5
Etanol, 2,2',2'' nitriloris	10 – 15	102-71-6
Alcohol, C12-18 propoxilado etoxilado	1 – 5	69227-21-0

Beneficios:

- ✓ Único soluble con la característica de dispersión de aceite, la cual previene del Clinkering en fundiciones de acero.
- ✓ Estable en uso con agua en un amplio rango de condiciones.
- ✓ Reduce la corrosión y es altamente bioresistente.
- ✓ Soluble con un aditivo que limpia y retira rebabas de la máquina para permitir un mejor maquinado.
- ✓ No produce ninguna reacción alérgica al operador que esté en contacto.

❖ **Ilocut 482**

Características:

- Soluble manufacturado por Castrol Industrial Inc.
- Este tipo de refrigerante es del tipo aceite llamado aceite soluble.

Es de color amarillento y el aceite mineral que contiene es de baja viscosidad aunado a los aditivos clorados de alta resistencia. Ideal para maquinar aleaciones de cobre particularmente en las más difíciles operaciones de la industria. Este es un aceite soluble multi-usos el cual también puede ser utilizado en sistemas hidráulicos.

□ Usualmente es aplicado para trabajar con herramientas de acero de alta resistencia a la tensión. Muy provechoso en maquinado, rectificado y torneado.

Propiedades:

Viscosidad @100°F	150
Punto de ignición	330°F (171°C)
Corrosión en el cobre, 3 horas @ 100°C	Muy bajo
Gravedad específica @ 60°F	0.880

❖ **Syntilo 9954**

Características:

- Soluble manufacturado por Castrol Industrial Inc.
- Este tipo de refrigerante es completamente ideal para rechazar aceites y sustancias mezcladas en el proceso de maquinado. Es un soluble sintético diseñado para usarse en metales ferrosos. Este producto totalmente libre de aceites es altamente estable en combinación con agua dura. Castrol Syntilo 9954 está libre de nitritos y fenoles; y debido a su composición sintética, favorece extraordinariamente el maquinado pesado. El syntilo 9954 contiene agentes lubricantes polarizados, agentes que evitan la precipitación y jabones especiales para mantener al soluble libre de aceites con una mayor lubricación durante el maquinado.
- Es recomendado para maquinar y rectificar materiales ferrosos incluyendo aceros inoxidable y aleaciones diversas.

Concentraciones recomendadas:

Maquinado	5 – 10%
Rectificado	2.5 – 5%

Propiedades:

Apariencia de la concentración	Fluido azul claro
Apariencia de la emulsión	Amarillo nebuloso claro
PH de la concentración	8.6 – 9.0
PH de la emulsión @ 5%	8.3 – 8.7
Gravedad específica @ 60°F	1.06 – 1.10

Beneficios:

✓ Único con beneficio directo al herramental, pues incorpora una combinación de precipitantes que aumenta la lubricación en comparación a otros solubles sintéticos.

✓ Larga vida (duración), debido a las materias primas con las que fue elaborado, ofrece alta resistencia microbiológica lo que alarga la vida del soluble tanto en sistemas individuales como en centralizados.

✓ Excelentes propiedades de uso, debido a que mantiene limpio el sistema de alimentación de soluble removiendo los contaminantes.

✓ Excepcionalmente limpio, debido a su color semitransparente, es altamente aceptada por el operador, así mismo mantiene a la maquinaria limpia pues deja una película transparente evitando que se empolve y/o engrase.

✓ Debido a su composición es compatible con sistemas de ultrafiltración, economizando dinero y eliminando gastos innecesarios.

✓ Rechaza totalmente el aceite entrampado², se puede separar por medio del proceso de desnatado pues presenta una separación muy buena entre fases.

² Mezclado

❖ **WY3 – 991A**

Características:

□ Soluble manufacturado por Castrol Industrial Inc.

□ Es un refrigerante a base de emulsión de ésteres, que rechaza el aceite, es especial para maquinas metales ferrosos. Está totalmente libre de aceite mineral de petróleo y es estable tanto en aguas moderadamente duras como en suaves. Este producto está libre de nitritos y tiene un extraordinario desempeño en todo tipo de maquinados desde los severos hasta los rectificados.

□ Es limpio, seguro y de aroma agradable. El Castrol WY3 – 991° fue formulado para cumplir con los requerimientos más críticos en operaciones como generado de engranes, brochados, rimado y horneado. Contiene sufactantes sintéticos, agentes de lubricación polar, preventivos de corrosión sintéticos y jabones especiales para proporcionar lubricación sintética libre de aceite mineral y de alta refrigeración.

□ Se recomienda para el maquinado y rectificado de todo tipo de metales ferrosos, incluyendo aceros inoxidables y sus aleaciones. El producto es inhibido completamente contra la corrosión bi-metálica y es seguro de usar en equipos con bronce, cobre, latón o componentes de aluminio.

Concentraciones recomendadas:

Maquinado	5 – 10%
Rectificado	2.5 – 5%

Propiedades:

Apariencia de la concentración	Fluido amarillo claro
Apariencia de la emulsión	Claro ligeramente turbio
PH de la concentración	9.35 – 9.75
PH de la emulsión @ 5%	8.75 – 9.15
Gravedad específica @ 15°C	1.075

Beneficios:

✓ Mayor vida de herramienta y/o rueda abrasiva, debido a que incorpora una combinación de sistemas surfactantes que ofrecen mayor lubricación que los sintéticos convencionales.

✓ Larga vida, por las materias primas seleccionadas para la formulación del producto tienen una alta resistencia a la degradación microbiológica que le confiere larga vida del refrigerante tanto en sistemas centrales como en depósitos individuales.

✓ Excelentes propiedades de humectación; debido a que las virutas y finos metálicos se asientan rápidamente manteniendo el fluido y los depósitos limpios. Los contaminantes son separados fácilmente, rechaza el aceite de lubricación completamente para ser desnatado.

✓ Limpieza excepcional dado a que el producto forma una solución transparente que mantiene las superficies de la máquina y las piezas limpias dejando una película residual suave y transparente. Esta característica le da una alta aceptación por parte de los operadores.

✓ Compatible con la ultrafiltración, debido a su composición puede pasar a través de membranas muy finas para mantenerlo limpio y reusable, esto ahorra tiempo, dinero y reduce los desechos.

❖ **CONTROLANT 650NS**

Características:

- Soluble manufacturado por Oakite Products Inc.
- El soluble refrigerante Controlant 650NS es resistente al ataque bacteriológico (Bioresistente). Este es un producto clasificado como Neo-Sintético especialmente fabricado para moderado trabajo en maquinado y rectificado de la mayoría de los metales.
- Este producto ofrece un valor agregado, es decir, da mayores atributos que los clásicos sintéticos. Controlant 650NS contiene un lubricantes seleccionados para trabajar bajo situaciones de extrema presión.
- Este producto desplegará las cualidades de cualquier aceite sintético. Es una microemulsión hecha de sustancias no minerales, contiene inhibidores de la corrosión y biocidas antisarro. Ofrece una lubricación extra y una alta estabilidad en aguas industriales.

Concentraciones recomendadas:

Operación	Fundición de acero.	Aceros al carbón y forjados.	Aceros H.S.L.A.	Aceros para herramientas
Taladrado y torneado.	5 – 7%	5 – 7%	5 – 7%	5 – 7%
Corte.	5 – 8%	5 – 8%	5 – 8%	5 – 8%
Rectificado.	3 – 5%	3 – 5%	3 – 5%	3 – 5%

Propiedades:

Apariencia de la concentración	Blanco lechoso
Apariencia de la emulsión	Blanco traslúcido
Olor	Suave
PH de la emulsión @ 5%	9.3
Gravedad específica @ 20.0°C	1.045

Composición:

<u>Sustancia</u>	<u>%</u>	<u>Numero CAS</u>
Alkanolamida	10 – 20	68155204
Amino-borato	10 – 20	68516789

Beneficios:

- ✓ Excelente resistencia al ataque bacteriano.
- ✓ Extremadamente estable en emulsión.
- ✓ Sin fenoles y nitritos, por lo que es amistoso al usuario.
- ✓ Excelente protección contra la corrosión.
- ✓ Múltiples aplicaciones como rectificado, taladrado y machuelado.
- ✓ Prolonga la vida de los herramientas.
- ✓ Baja tendencia a formar sarro en los ductos.

❖ **Hocut 931**

Características:

□ Soluble manufacturado por Especialidades Químicas Monterrey S.A.

□ El Hocut 931 es un refrigerante semisintético biostático de bajo olor para trabajo pesado; está diseñado para una larga vida. Se mezcla rápidamente con agua formando una micro-emulsión.

□ El Hocut 931 está formulado con aceite básico altamente refinado, un sistema de emulgentes/anticorrosión y aditivos de extrema presión que aseguran una larga vida de la emulsión sin problemas relacionados con la degradación del refrigerante causados por la contaminación de bacterias y hongos.

□ Así mismo proporciona una excelente protección a la corrosión, tanto en los equipos como en las piezas maquinadas. Esta protección ha sido obtenida sin el empleo de nitroso de otros inhibidores indeseables. La protección anticorrosiva es a partir del 3% de concentración.

□ Es adecuado para la mayoría de las operaciones de maquinado y ha sido diseñado para utilizarse en máquinas individuales, centros de maquinado y sistemas centrales; ideal para metales ferrosos, aluminio y sus aleaciones.

Propiedades:

Concentraciones recomendadas:	
Aluminio	3%
Aceros rápidos, acero inoxidable y Maquinado severo en general	5 - 10%
Apariencia de la concentración	Líquido café oscuro
PH directo	10.4
PH de la emulsión @ 5%	9.3
Gravedad específica @ 20.0°C	1.03
Prueba de corrosión IP 287 en agua de 100 ppm	> 3%

Con el objeto de mantener la eficiencia en el maquinado y el control de bacterias, es esencial que el refrigerante se mantenga a la concentración correcta. Esta puede ser determinada en el laboratorio por titulación o en la planta por refractómetro.

Composición:

<u>Sustancia</u>	<u>%</u>	<u>Numero CAS</u>
Aceite mineral	> 20	64762-53-6
Dietanolamina	5 - 10	111-42-2
Monoetanolamina	< 5	141-43-5

Beneficios:

- ✓ Larga vida en los sistemas; normalmente excede los 12 meses.
- ✓ Notable resistencia al desarrollo de bacterias y hongos.
- ✓ Bajo mantenimiento y reposición.
- ✓ Excelente protección contra la corrosión.
- ✓ Libre de depósitos gomosos.
- ✓ Libre de fenoles, bactericidas, nitritos, fósforo, zinc, metales pesados o pigmentos.

❖ ***Astro-cut 2001 B***

Características:

- Soluble manufacturado por Monroe Fluid Technology
- El Astro-cut 20001B es un refrigerante semi-sintético soluble en agua. Desarrollado para ser bio-estable libre de cloro debido a que sus componentes son resistentes a la degradación biológica. Es un fluido que controla el crecimiento de bacterias y hongos sin la necesidad de usar biocidas y elimina el llamado "Monday morning odor" que es el mal olor generado por el estancamiento del fluido durante un fin de semana, esto debido a la concentración de microorganismos.
- Es utilizado en el maquinado de todos los metales con excepción del magnesio, resultando altamente efectivo para el maquinado de hierro fundido. Ideal para las operaciones de torneado, fresado, taladrado, serrado, brochado, etc.

□ El refrigerante Astro-cut 2001B está garantizado con una duración doble que los refrigerantes solubles de otras marcas.

Propiedades:

Concentraciones recomendadas:	
Maquinado en general	2 - 10%
Apariencia de la concentración	Azul líquido
Apariencia de la emulsión	Azul traslúcido
Olor	Suave
PH de la emulsión @ 5%	9.3
Gravedad específica @ 20.0°C	1.01

No contiene nitritos, fenoles, cromatos, cloro, azufre o fósforo.

Composición:

<u>Sustancia</u>	<u>%</u>	<u>Numero CAS</u>
Agua	50 - 70	-
Aceite mineral	1 - 5	64742-55-7; 64742-52-5
Aminas	5 - 10	-
Hexahidro - 1, 3, 5 - tris (2-Hidroxietil) s-triazina	2 - 3	-
Alcalonamidas	5 - 10	-
Propileno glicol n-butyl éter	1 - 3	107-98-2

Beneficios:

✓ Excelentes resultados en acero, hierro fundido, hierro maleable, hierro nodular y acero forjado.

✓ Excelente inhibidor de la corrosión.

✓ Larga duración.

✓ Excelente capacidad de enfriamiento que mantiene tolerancias cerradas en el maquinado.

✓ No atasca las partes móviles de la máquina.

✓ Buena visibilidad de la pieza durante el proceso (fluido traslúcido).

✓ Excelente estabilidad al ser usado en agua dura.

✓ Amistoso con el operador por no causar irritaciones.

✓ Separa el aceite de la emulsión para facilitar su eliminación.

✓ Costo realmente bajo.

✓ Mayor lubricidad.

❖ *Kool All 948*

Características:

- Soluble manufacturado por Do All Company.
- El soluble Kool All 948 es un refrigerante soluble en agua semi-sintético para maquinado y rectificado en la mayoría de los procesos donde se trabaja severamente materiales como acero inoxidable, H.S.L.A., aceros de alta aleación, etc.
- Este es uno de los tres semi-sintéticos formulados con una nueva generación de aditivos bio-estables desarrollados para trabajar amistosamente al usuario para usarse en sistemas independientes o centralizados de distribución de soluble refrigerante.

Propiedades:

Concentraciones recomendadas: Maquinado en general	3 - 10%
Apariencia de la concentración	Turquesa
Apariencia de la emulsión	Semi-traslúcido azul verdoso
Olor	Moderado
PH de la emusión @ 5%	9.24
Temperatura de inflamación	> 450°

Beneficios:

✓ **Bio-estable:** Altamente resistente al ataque bacteriológico en una emulsión duradera y libre de olores rancios. Excelente para usarse en maquinaria de recipiente individual de soluble refrigerante.

✓ **Rechaza aceites:** No permite la mezcla de aceites de lubricación de la maquinaria evitando así la contaminación del refrigerante, haciendo que el aceite flote en la superficie y permitiendo así que se tenga un mejor control del soluble refrigerante.

❖ ***Ecocool 910***

Características:

□ Soluble manufacturado por Fuchs Lubricants Co.

□ Costo: 7.67 USD por litros.

□ Ecocool 910 es un refrigerante sintético multipropósito diseñado para roscado y maquinado severo de aleación de acero y aluminio. El Ecocool 910 contiene lubricantes semisintéticos que proveen propiedades de extrema presión de reducción de fricción. No contiene aceites minerales, lo que simplifica su tratamiento y disposición final. Adicionalmente separa la contaminación con aceite hidráulico y de bancada, por lo que a su solución permanece clara.

Propiedades:

Apariencia de la concentración	Clara, azul viscoso
Dietanolamina	No contiene
Solubilidad	Agua
PH de la emusión @ 5%	9.1
Gravedad específica @ 20.0°C	1.08

Composición:

<u>Sustancia</u>	<u>%</u>	<u>Numero CAS</u>
Biocida	5	4719-04-1
H Benxotriazol	5	95-14-7
Monoetanolamina	5	141-43-5
Trietanolamina	5	102-71-6
Mezcla Amino/borato	10	-

Su aplicación se desglosa de la siguiente forma:

Maquinado:

Cobre	1:1520
Acero	1:2025
Aluminio	1:1525

Roscado:

Cobre	1:20
Acero	1:10
Aluminio	1:15

Beneficios:

- ✓ Es un producto versátil, pues se puede utilizar en una gran variedad de metales.
- ✓ Forma soluciones verdaderas que son muy estables y que proveen una larga vida de uso.
- ✓ Las soluciones permanecen claras al separar aceites entrampados y otros contaminantes.
- ✓ Puede ser filtrado, calentado y/o centrifugado sin afectar su estabilidad.
- ✓ Contiene lubricantes sintéticos que proveen excelente durabilidad del herramental y acabado superficial.
- ✓ Su formulación bioestática resiste la rancidez.
- ✓ Provee excelente protección anticorrosiva a las partes maquinadas y a la maquinaria.
- ✓ Recomendado tanto para sistemas individuales como centralizados.

❖ ***Ratak Resist 68 CF 2***

Características:

- Soluble manufacturado por Fuchs Lubricants Co.
- Costo: 4.62 USD por litro.
- El Ratak resist 68 CF 2 es un lubricante de refrigeración con bajo contenido de aceite mineral, soluble al agua con aditivos EP libres de cloro seleccionados. Así mismo, no contiene microbicidas, y combinado con agua da

como resultado una emulsión opalescente, beige, de fina dispersión y estable, de una durabilidad excepcionalmente larga.

Propiedades:

Apariencia de la concentración	Ópalo
Viscosidad @ 20°C	210.0
Solubilidad	Agua
PH de la emulsión @ 5%	9.4

Composición:

Sustancia	%	Numero CAS
Condensado Ácido bórico / Ácido Graso / DEA	20	-
Dietanolamina	10	111-42-2
Etoxilado	5	-
Butildiglicol	5	112-34-5

Concentración:

Operación	Concentración
Maquinado:	3 – 5%
Difícil arranque de virutas:	10%
Esmerilado y/o rectificado:	2 – 3%

Beneficios:

✓ Alta estabilidad de emulsión. Consecuentemente ventajas económicas debido a la reducción de los costos del cambio.

✓ Buen efecto lubricante y de refrigeración, debido a la excelente capacidad reticular y el uso de aditivos EP de alta efectividad. Consecuentemente reducción del desgaste de herramientas, mejor precisión en mediciones de la pieza y un claro aumento de su durabilidad.

✓ Alta consecuencia contra microorganismos, consecuentemente ahorro considerable de gastos de microbicidas.

✓ Excelente protección anticorrosiva. Con consecuencia una mayor solubilidad y por ende una reducción muy considerable en el consumo de lubricante de refrigeración.

✓ Escasa tendencia a formar espuma.

✓ Extraordinaria estabilidad del valor del pH, gracias a la adición de un regulador buffer durable. Consecuentemente una mayor durabilidad

❖ ***Ratak Synthan ML 33-902***

Características:

□ Soluble manufacturado por Fuchs Lubricants Co.

□ El Ratak Synthan ML 33-902 es un refrigerante sintético para maquinado y rectificado que fue desarrollado después de varios años de investigación en laboratorio y pruebas de campo. Este concentrado sintético puede realizar diferentes trabajos de maquinado y rectificado con un

substantial incremento en la vida de las herramientas y piedras para rectificadas.

□ Éste puede ser utilizado en metales ferrosos y no ferrosos y está libre de nitritos, fenoles, cloro, azufre y aceite mineral. Ha sido utilizado también con mucho éxito en rectificadas de vidrio.

Las concentraciones recomendadas son las siguientes:

Material	Vidrio	Acero al carbón & fierro gris	Acero de alta aleación e inoxidable	Aluminio
Operación				
Perforado, barrenado y torneado		4%	5%	3%
Rimado y roscado interno		6%	1%	5%
Rectificado de centros	2 – 3%	3%	5%	2 – 3%
Rectificado de superficie	2%	3%	2 – 3%	2 – 3%

Propiedades:

Apariencia de la concentración	Azul
Olor	Azafrán
Solubilidad	Agua
PH concentrado	9.6
PH de la emusión @ 5%	9.1
Gravedad específica @ 15.0°C	1.0623

Composición:

<u>Sustancia</u>	<u>%</u>	<u>Numero CAS</u>
Agua	10 – 15	-
Antiespumante	2 – 10	-
Agentes anticorrosivos	1 – 7	-
Dietanolamina	10 – 18	-
Triazina	20 - 30	-
Ácido bórico	15 – 20	-

Beneficios:

✓ Excelente protección de la herrumbre, pues está formulado con materias primas seleccionadas que al reaccionar entre sí forman compuestos químicos complejos que promueven una excepcional protección contra la herrumbre.

✓ Separación total de aceite entrampado, debido a que está formulado para rechazar todo tipo de aceites lubricantes para facilitar el reciclado y neutralización de soluciones de enfriamiento usadas.

✓ Es completamente estable a aguas duras, total claridad del producto y no formación de residuos pegajosos aún después de meses de utilización.

✓ Excelente bioresistencia debido a que está formulado con materias primas que resisten el crecimiento microbacteriano. Con un mantenimiento de la solución, este producto se conservará fresco indefinidamente.

✓ Excelente separación de finos, lo cual promueve la formación de gránulos finos que son rápidamente separables con lo que la solución se mantiene limpia.

✓ Excepcional capacidad de enfriamiento, debido a estar compuesto de partículas pequeñas y a la presencia de modificadores de fricción especiales, el Ratak Synthan ML 33-902 tiene excelentes propiedades de disipación de calor.

❖ **Cimstar 540**

Características:

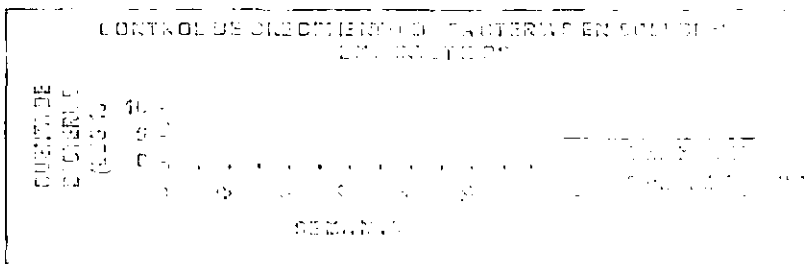
- Soluble manufacturado por Cincinnati Milacron Co.
- Costo: 3.17 USD por litro.
- El Cimstar 540 es un soluble de "Nueva Generación" en bioestabilidad, semisintético especialmente diseñado para trabajar bajo cualquier circunstancia. Es ideal para el maquinado y el rectificadado donde los solubles refrigerantes de larga duración son necesarios tanto en maquinaria con contenedores individuales como en sistemas centralizados. Recomendado para alta carga de trabajo en materiales tanto ferrosos como no ferrosos.
- Está diseñado para mezclarse con agua y no se recomienda mezclarlo con otras sustancias no aprobadas por Cincinnati Milacron Co.
- La concentración recomendada para cualquier proceso es del 5%.

Propiedades:

Estado Físico	Líquido
Color	Blanco, azul y rosa
Gravedad específica	1.043
Punto de congelación	22°F (-6°C)
PH concentrado	10.1
PH @ 5%	9.1

Composición:

Sustancia	%	Numero CAS
Etanolamina	10	141-43-5
Aceite mineral	10	64742-52-5
Monoisopropanolamina	10	78-98-6



Beneficios:

- ✓ Es un producto que marca la "Nueva Generación" de bioestabilidad semisintética para trabajo pesado en metales.
- ✓ No contiene bactericidas.
- ✓ El control bacteriano es llevado a cabo a través de supervisión técnica constante del producto.
- ✓ Producto diseñado para procesos en general y procesos de baja carga de trabajo.
- ✓ Pruebas en campo arrojan información sobre el excelente control y estabilidad microbacteriológica al tener el refrigerante almacenado en una máquina parada hasta por tres meses.

✓ El control de todo el soluble se mantiene con sólo atender el nivel de concentración.

- ✓ Extraduración.
- ✓ Excelente control del pH.
- ✓ Sin olor y amistoso con el operador.
- ✓ Limpio y excelente control de residuos.
- ✓ Libre de cloro.

A.5.- EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DE LOS SOLUBLES REFRIGERANTES

A.5.1.- Por el método de evaporación³

□ *Evaporadores eléctricos:*

Estos cálculos están realizados con datos aproximados, por lo que para una más exacta determinación es necesario conocer la cantidad real en el volumen del soluble desechado y recalcular los valores obtenidos.

El aumento en la razón de evaporación es directamente proporcional al consumo de energía necesaria para la misma, por lo que los costos de evaporación se mantienen en la misma relación, siendo ésta además, más rápida y de igual calidad, obteniéndose por consecuencia una recuperación de inversión en un mucho menor intervalo de tiempo. Así mismo, los costos son susceptibles al cambio por el precio del energético dependiendo de la zona donde se utilice.

	Modelo HB- 550	Modelo HB-1100
Razón de evaporación (GPH).	3-4	5-7
Combustible utilizado (GPH).	9 KW	18 KW.
Capacidad del tanque (Gal.)	55	110

A).- Evaporador HB-550

Cálculo por día en turno de 8 hrs.. 21 días/semana

Razón de evaporación: 32 Gal/día.

Vol. evaporado/Mes: 672 Gal.

"Outsourcing":

Costo de evaporación: USD \$20.60

Costo por operador: USD \$6.66

Costo por disposición: USD \$6.40

Costo/ Transportación: USD \$0.64

Costo Total por turno: USD \$34.3

Costo por mes: USD \$729.61

Total de costo vía "outsourcing": USD \$8,755.32

Tiempo de evaporación: 0.97 años.

Si la Empresa adquiriera el equipo:

Costo de Equipo Evaporador: USD \$8,000.00

³ Ver Apéndice A págs. 13-14

B).- Evaporador HB-1100

Cálculo por día en turno de 8 hrs., 21 días/semana

Razón de evaporación: 56 Gal/día

Vol. evaporado/Mes: 1176 Gal.

"Outsourcing":

Costo de evaporación: USD \$20.60

Costo por operador: USD \$6.66

Costo por disposición: USD \$6.40

Costo/ Transportación: USD \$0.64

Costo Total por turno: USD \$34.3

Costo por mes: USD \$729.61

Total de costo vía "outsourcing": USD \$8,755.32

Si la Empresa adquiriera el equipo:

Costo de Equipo Evaporador: USD \$8,980.63

Resultados:

Resulta más económico el servicio del proveedor que la propia adquisición del equipo de evaporación para ambos modelos, sin embargo entre ambos equipos resulta el mismo costo.

□ *Evaporadores de gas natural:*

Estos cálculos están realizados con datos aproximados, por lo que para una más exacta determinación es necesario conocer la cantidad real en el volumen del soluble desechado y recalcular los valores obtenidos.

El aumento en la razón de evaporación es directamente proporcional al consumo de energía necesaria para la misma, por lo que los costos de evaporación se mantienen en la misma relación, siendo ésta además más rápida y de igual calidad, obteniéndose por consecuencia una recuperación de inversión en un mucho menor intervalo de tiempo. Así mismo, los costos son susceptibles de cambio por el precio del energético dependiendo la zona donde se trabaje.

	Modelo.
	WB-15 A
Razón de evaporación (GPH).	15
Combustible utilizado (GPH)	1.4275
Capacidad del tanque (Gal.)	50

A).- Evaporador WB-15 A.

Cálculo por día en turno de 8 hrs., 21 días/mes

Razón de evaporación: 120 gal/día.

"Outsourcing":

Costo de evaporación: USD \$5.76

Costo por operador: USD \$6.66

Costo por disposición: USD \$13.62

Costo/Transportación: USD \$1.36

Costo Total por turno: USD \$27.41

Costo por Mes: USD \$712.85

Vol. evaporado/ Mes: 2,520 gal.

Tiempo de evaporación: 3.3 meses

Total de costo vía "outsourcing": USD \$2,810.00

Si la Empresa adquiriera el equipo:

Costo de Equipo Evaporador: USD \$11,050.00

Resultados:

Resulta más económico el servicio del proveedor que la propia adquisición del equipo de gas para la evaporación del soluble.

A.5.2.- Por el método de rompimiento químico⁴:

Este método sólo puede ser suministrado vía "outsourcing", no es posible romper químicamente el soluble dentro de la empresa por falta de la infraestructura necesaria.

El volumen estimado de lodos generados para 1m³ de soluble degradado es de 100 lts. Esto viene de que la mezcla tratada tendrá un 5% de lodos correspondiente al soluble presente en la mezcla y un 5% adicional proveniente de el aceite entrampado, la suciedad y los productos usados para el rompimiento, especialmente el polímero usado como agente aglutinante.

El volumen estimado de lodos generados para 1m³ de soluble degradado es de 10 lts. Esto viene de considerar un máximo de 1% de sólidos y suciedad de lo que queda luego de vaciar el sistema refrigerante. Para efectos de cálculo, se considera el mismo costo para el rompimiento de esta solución; sin embargo, en la práctica, el costo debe ser comparado contra el romper 1m³ de soluble degradado.

La limpieza generará un volumen de soluble degradado (al 5% de concentración) para tratar, la cual será igual a la capacidad del depósito de refrigerante de la máquina individual o sistema central. Adicionalmente a esto, se tendrá un volumen de solución de lavado equivalente al 75% de la capacidad del depósito de refrigerante de la máquina individual o sistema central.

⁴ Ver apéndice A pág. 13-14

El agua de enjuague no requiere de rompimiento (se requieren dos cargas de un 50% de la capacidad del depósito de refrigerante de la máquina individual o sistema central).

Para llevar a cabo este tipo de rompimientos es necesario contar con el equipo necesario. El aumento en la razón del tiempo de rompimiento está en función del equipo utilizado y la diversidad de los contaminantes.

Cálculo por día en turno de 8 hrs. por m³ de solución tratada.

Productos requeridos para hacer el rompimiento de 1m³ de soluble degradado.

Producto Químico unidades	Concentración	Cantidad (Lts.)	Precio unitario. (USD)	Valor total. (USD)
1 SQW 2000	0.017 / Lto.	17	2.26	38.53
1 NaOH @ 50%	0.008 / Lto.	8	0.33	2.69
1 Polímero aniónico.	0.035 (2%).	35	0.37	13.06
TOTAL				54.30
Volumen estimado de lodos generados para 1 m ³ de soluble degradado.				90 Lts.
Volumen estimado de lodos generados para 1 m ³ de solución de lavado.				10 Lts.

Cantidad de Químicos utilizados:	60 lts.
Costo de químicos:	USD \$54.34
Vol. de lodos generados/m3:	100 lts.

"OUTSOURCING"

Costo de rompimiento:	USD \$1628.96
Tiempo de rompimiento:	7-12 hrs.
Costo de personal/día:	USD \$13.31
Vol. a confinar:	300 lts.
Costo de confinamiento:	USD \$900.00
Costo de flete:	USD \$900.00
Costo total de rompimiento:	USD \$2,633.42

Resultados:

Resulta alto el costo por este método, aunque sería prudente realizar la investigación adecuada respecto a la infraestructura necesaria para su proceso en la misma empresa.

A.5.3.- Por el método de Confinamiento⁵:

Esta opción permite a la empresa liberarse de cualquier reponsabilidad por el método que se emplee para la eliminación del soluble degradado, así pues, la empresa distribuidora Asinsa se responsabilizará del producto y su disposición final.

El costo de confinamiento sin tratar: **USD\$9630.00**

Resultados:

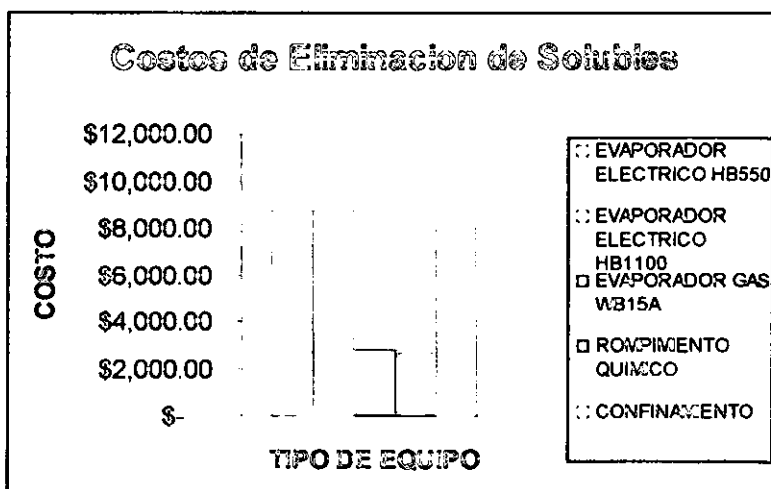
El costo por este concepto es alto debido a que la empresa que adquiere el producto tiene que invertir en algún método de eliminación y este gasto corre por cuenta propia. Este es un método ideal para altos volúmenes donde la proporción del costo de eliminación del soluble refrigerante sea la adecuada para que el costo sea menor.

⁵ Ver apéndice A pág. 14

A.5.4.- Conclusión:

Con base al costo, el método recomendado es la eliminación por rompimiento químico vía "outsourcing", pues es donde el costo resulta ser menor. A diferencia de otros proyectos, cuando se habla de eliminación de solubles refrigerantes, el objetivo será el mismo siempre: deshacerse de la sustancia; por lo tanto sólo afecta el factor económico para la toma de decisiones.

EQUIPO	COSTO
EVAPORADOR ELECTRICO HB550	\$ 8,766.32
EVAPORADOR ELECTRICO HB1100	\$ 8,755.32
EVAPORADOR GAS WB15A	\$ 2,810.00
ROMPIMIENTO QUIMICO	\$ 2,833.41
CONFINAMIENTO	\$ 9,630.00



APÉNDICE B:
BOMBAS: TIPOS Y CLASIFICACIÓN

B.1.- TIPOS Y SU CLASIFICACIÓN

B.1.1.-Definición de máquina hidráulica.

Una máquina absorbe energía de una clase y restituye energía de otra clase, o de la misma clase pero transformada.

Las máquinas se clasifican en varios grupos tales como máquinas de fluido, máquinas-herramientas, máquinas eléctricas, etc. Las máquinas hidráulicas pertenecen a un grupo muy importante de máquinas llamadas máquinas de fluido, que son aquellas máquinas en que el fluido o bien, proporciona la energía que absorbe la máquina o bien aquellas en que el fluido es el receptor de energía al que la máquina restituye la energía mecánica absorbida.

En toda máquina de fluido hay un intercambio entre energía de fluido y energía mecánica. Las máquinas de fluido revisten infinidad de formas y encuentran múltiples y muy diversas de aplicaciones en la técnica. Las máquinas de fluido se pueden clasificar en máquinas hidráulicas y máquinas térmicas.

La máquina hidráulica es aquella en que el fluido que intercambia su energía no varía sensiblemente de densidad en su paso a través de la máquina, por lo cual en el diseño y estudio de la misma se hace la hipótesis de que $\rho = \text{cte}$. La máquina térmica es aquella en que el fluido en su paso a través de la máquina varía sensiblemente de densidad y volumen específico, el cual en el diseño y estudio de la máquina ya no puede suponerse constante.

La compresibilidad e incompresibilidad del fluido que se traduce en la variación o invariación de la densidad o volumen específico es fundamental en el diseño de una máquina, para el diseño de una bomba se supone que el líquido bombeado es incompresible o de densidad constante, es en este caso una máquina hidráulica.

B.1.2.-Clasificación de las máquinas hidráulicas.

Para clasificar las máquinas hidráulicas se atiende al órgano principal de la máquina, es decir la parte en donde se intercambia la energía mecánica en energía de fluido o viceversa. Este órgano, según los casos se llama rodete o émbolo.

Las máquinas hidráulicas se clasifican en turbomáquinas y máquinas de desplazamiento positivo.

En las máquinas de desplazamiento positivo, (también llamadas máquinas volumétricas), el órgano intercambiador de energía cede energía al fluido o el fluido a él, en forma de energía de presión creada por la variación de volumen.

Los cambios en la dirección y valor absoluto de la velocidad del fluido no juegan un papel esencial alguno. En ellas, el órgano transmisor de la energía puede moverse con movimiento alternativo o rotativo. A este grupo,

pertenece la clase importantísima de las máquinas empleadas en las transmisiones y controles hidráulicos y neumáticos.

En las turbomáquinas, (denominadas también máquinas de corriente), los cambios en la dirección y valor absoluto de la velocidad del fluido juegan un papel esencial. Además en ellas el órgano transmisor de la energía tiene un movimiento rotativo.

A estos dos grupos se puede añadir un tercero de máquinas hidráulicas, en las que se intercambia energía en forma de energía potencial y se denominan máquinas gravimétricas.

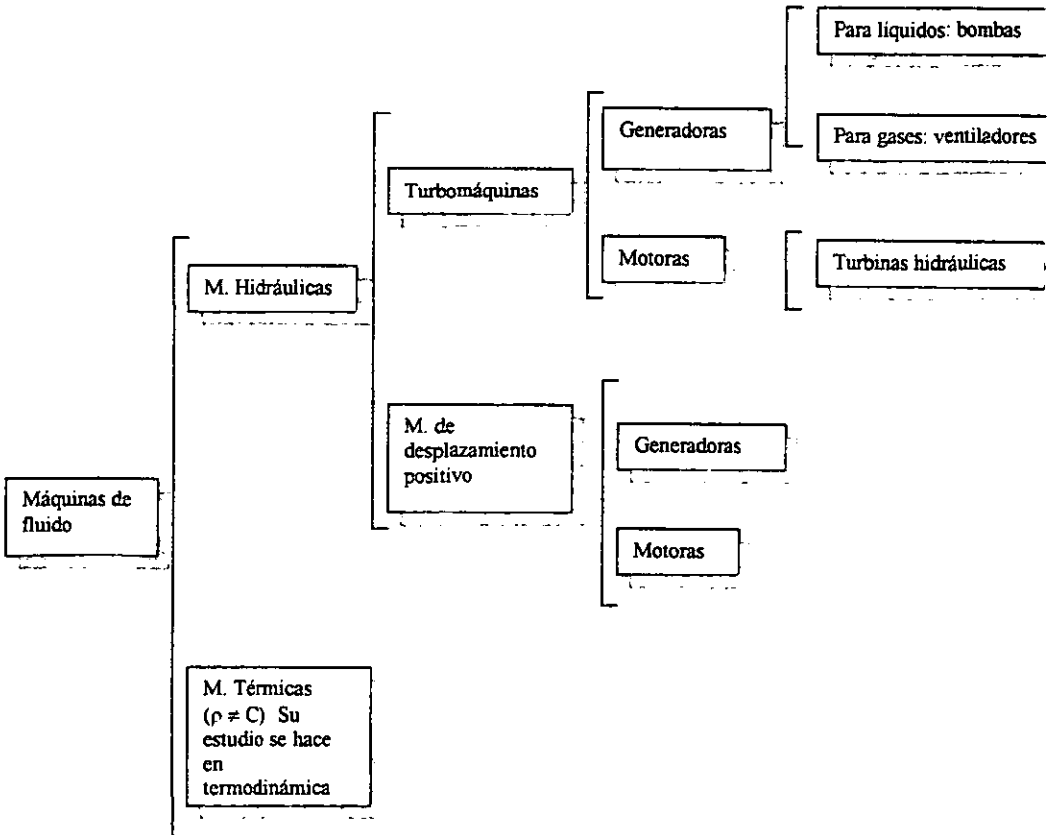
Las turbomáquinas y máquinas de desplazamiento positivo se subdividen en motoras y generadoras. Las primeras absorben energía del fluido y restituyen energía mecánica; mientras que las segundas absorben energía mecánica y restituyen energía al fluido.

La clasificación de las máquinas de fluido se muestra en la tabla de la siguiente página.

Para efectos de esta investigación enfocaremos a las turbomáquinas hidráulicas, con la característica especial de bombas rotodinámicas, pues son el tipo de equipos que mejor se acoplan a las necesidades del proyecto.

B.1.3.-Definición y clasificación de las bombas.

Bomba es una máquina que absorbe energía mecánica y restituye al líquido que la atraviesa energía hidráulica. Además nos permiten impulsar toda clase de líquidos y para bombear líquidos espesos con sólidos en suspensión.



Las bombas se pueden clasificar en:

1. *Bombas rotodinámicas.* Todas y sólo las bombas que son turbomáquinas pertenecen a este grupo. Son siempre rotativas y su funcionamiento se basa en la ecuación de Euler (ec. 1.1); su órgano transmisor de energía se llama rodete. Se llaman rotodinámicas porque su movimiento es rotativo y la dinámica de la corriente juega un papel esencial en la transmisión de la energía.

$$H = (U_1C_1 - U_2C_2) / g \quad (\text{ec. 1.1})$$

Donde H es la altura útil; U_1 velocidad absoluta del álabe a la entrada; U_2 velocidad absoluta del álabe a la salida; C_1 velocidad absoluta del fluido a la entrada; C_2 velocidad absoluta del fluido a la salida y g es la gravedad.

2. *Bombas de desplazamiento positivo.* A este grupo pertenecen no sólo las bombas alternativas, sino las rotativas llamadas rotoestáticas porque son rotativas, pero en ellas la dinámica de la corriente no juega un papel esencial en la transmisión de la energía. Su funcionamiento se basa en el principio de desplazamiento positivo que consiste en el movimiento de un fluido causado por la disminución del volumen de una cámara.

B.1.4.-Clasificación de las bombas rotodinámicas.

Las bombas rotodinámicas se pueden clasificar:

- Según la dirección del flujo en: bombas de flujo radial, de flujo axial y de flujo radioaxial.
- Según la posición del eje: bombas de eje horizontal, de eje vertical y de eje inclinado.
- Según la presión engendrada: Bombas de baja presión, de media presión y de alta presión.
- Según el número de flujos en la bomba: de simple aspiración o de un flujo y doble aspiración, o de dos flujos.
- Según el número de rodets: de un escalonamiento o de varios escalonamientos.

B.1.5.-Tipos constructivos.

Se exponen a continuación algunos:

1. *Bomba de carcasa seccionada*: Está dividida por un plano axial horizontal. Las tuberías de aspiración y descarga, así como el conducto de conexión entre el primero y el segundo escalonamiento se encuentran en la parte inferior de la carcasa. El acceso al interior de la bomba para su inspección se consigue desmontando la mitad superior de la carcasa, sin tocar para nada las tuberías de aspiración y descarga, ni los manómetros, ni alterar el alineamiento de la bomba. Por esta razón las bombas de cámara seccionada han tenido en los últimos años mucha aceptación.

2. *Bomba monoblock*, muy popular por su accesibilidad y por formar un grupo compacto con un solo apoyo para el motor eléctrico y la bomba, la cual está instalada en voladizo.
3. *Bomba de doble aspiración*. Es semiaxial o de flujo mixto y resulta adecuada para grandes caudales, lo que se consigue gracias a la doble aspiración sin aumentar mucho las dimensiones de la máquina.
4. *Bomba axial*. Suministra un caudal de unos 6.000 l/s. El rodete tiene forma de hélice y es adecuada para grandes caudales y pequeñas alturas de elevación.
5. *Bomba horizontal de múltiples escalonamientos*. Es en contraste con las dos anteriores, la más adecuada para pequeños caudales y grandes alturas efectivas. Las bombas de alimentación de calderas se construyen para presiones por encima de los 300 bar. En este campo de aplicación las bombas rotodinámicas han desplazado modernamente casi por completo, a las bombas de émbolo.
6. *Bombas verticales de múltiples escalonamientos*. La casa "Weise und Monski" en Alemania, las ofrece para caudales hasta de 400 m³/h y presiones superiores a los 300 bar.
7. *Bombas de pozo profundo*. Son análogas a las anteriores y se instalan en el interior del pozo, pudiendo tener el eje varios metros de longitud, con apoyos de trecho en trecho en cojinetes intermedios.
8. *Grupo moto-bomba sumergible*. Gracias a los modernos procesos en la técnica de los aislamientos, se instalan totalmente sumergidos, sin excluir el motor eléctrico. Estas bombas permiten la extracción de agua sin la construcción de un pozo ancho convencional, pues basta una perforación de diámetro suficiente para introducir la bomba.

9. *Pequeños grupos de bombeo con motor de gasolina o Diesel.* Son autónomos y por ello, muy prácticos en granjas, etc., pudiendo lograr caudales de hasta 2400 l/min y alturas efectivas de hasta 50 m.

Existen dos campos de progreso de las bombas rotodinámicas: el campo de las grandes velocidades de rotación y el de las grandes potencias.

El progreso en *el campo de las grandes velocidades de rotación* se basa en que utilizando un rpm más elevado se pueden reducir las dimensiones del rotor y el número de rodets.

El progreso en *el campo de las grandes potencias* se puede ver en las bombas destinadas a las grandes centrales hidroeléctricas denominadas Centrales de acumulación por bombeo, en ellas, se utiliza con frecuencia una máquina reversible que sirve de turbina y de bomba, aunque en ocasiones se utilizan dos máquinas distintas. También se incorpora un convertidor de par hidrodinámico para el arranque de la bomba, hasta la velocidad de sincronismo.

B.2.- CEBADO DE LA BOMBA.

Las bombas rotodinámicas no son autocebantes. Las bombas de émbolo y en general todas las de desplazamiento positivo sí. Esta diferencia se debe a que en las primeras, el principio de funcionamiento es la ecuación de Euler y en las segundas, es el principio del desplazamiento positivo.

B.3.- PÉRDIDAS HIDRÁULICAS.

Las pérdidas hidráulicas disminuyen la energía específica útil que la bomba comunica al fluido y consecuentemente, la altura útil. Son de dos clases: pérdidas de superficie y pérdidas de forma: las pérdidas de superficie se producen por el rozamiento del fluido con las paredes de la bomba y de las partículas del fluido entre sí; las pérdidas de forma, se producen por el desprendimiento de la capa límite en los cambios de dirección y en toda forma difícil al flujo, en particular a la entrada del rodete si la tangente del álabe no coincide con la dirección de la velocidad, relativa a la entrada, o a la salida del rodete si la tangente del álabe de la corona directriz no coincide exactamente con la velocidad absoluta a la salida.

Hay varias formas de evaluarlas, por ejemplo, si la expansión es brusca de un tubo a un depósito la pérdida se calcula $V_1^2/2g$, mientras que la pérdida de da gradualmente incluyendo el rozamiento con el tubo, existen tablas ya definidas para ello como la de Gibson, la cual se puede obtener de cualquier libro de hidráulica.

Las pérdidas hidráulicas se originan, pues:

- En el rodete.
- En la corona directriz, si existe
- En la caja espiral.
- Desde la salida de la caja espiral hasta la salida de la bomba.

B.4.- CAVITACIÓN.

Cavitación es el fenómeno por el que se deforman espacios vacíos entre la cara posterior de un cuerpo en movimiento y el líquido en que está sumergido. La cavitación en las bombas y turbinas produce dos efectos perjudiciales: disminución del rendimiento y erosión.

La aparición de la cavitación en las bombas está íntimamente relacionada con:

- a) El tipo de bomba (en general el peligro de cavitación es tanto mayor, cuanto mayor es el número específico de revoluciones, n_s)
- b) Con la instalación de la bomba (la altura de suspensión de la bomba H_s , o cota del eje de la bomba, sobre el nivel del líquido en el depósito de aspiración, debe ser escogida cuidadosamente para evitar la cavitación)
- c) Con las condiciones de servicio de la bomba (el caudal de la bomba nunca debe exceder el máximo permisible para que no se produzca la cavitación).

El peligro de cavitación será tanto mayor cuando:

- La presión barométrica sea menor en el lugar de la instalación.
- La presión en el depósito de aspiración sea menor, si éste no está abierto a la atmósfera.
- La temperatura del líquido bombeado sea menor. Los líquidos calientes exigen una altura de aspiración más pequeña (peligro de cavitación en las

bombas de alimentación de calderas de las centrales termoeléctricas con precalentamiento del agua de alimentación.)

- Las pérdidas en la tubería de aspiración sean mayores. Por tanto, si hay peligro de cavitación se realizará la tubería de aspiración con diámetro grande sin incluir más de un codo y si esto no basta no se instalará ni alcachofa ni válvula de pie: el cebado se hará en este último caso con una bomba de vacío.
- El caudal sea mayor, en efecto, al aumentar el caudal aumentan las pérdidas, por esta razón, si se inicia la cavitación y se reduce el caudal, cerrando parcialmente la válvula de impulsión, así la cavitación cesará.

Para evitarlo, se puede hacer lo siguiente:

- Diseñar tanto la máquina como la instalación de la misma para que no se produzca este fenómeno.
- Utilizar materiales resistentes para que no se fracturen en caso de aparecer el fenómeno.

B.5.- GOLPE DE ARIETE.

Este es el impacto al momento en que retorna el fluido que ha sido impulsado por una bomba, se le llama de ariete debido a que se realiza con mucha fuerza y puede dañar los componentes de la bomba. La sobrepresión que origina el golpe de ariete, no puede producirse en el arranque de una bomba porque la presión producida es apenas suficiente para mover el fluido.

Para calcularlo, se utiliza la siguiente ecuación $T = 4L / c$ donde t es el tiempo que tarda la onda en recorrer la distancia de la tubería, L es la longitud de la tubería y c es la velocidad de la onda del fluido. Se evita usualmente utilizando válvulas de cerrado instantáneo como las válvulas "check" entre otras.

En la parada de una bomba se ha de tener la precaución de cerrar antes la válvula de impulsión. Si esto se hace a mano, el cierre es lento. la columna de líquido que llena la tubería se desacelera gradualmente y el golpe de ariete no se produce.

El golpe de ariete puede producirse:

- Si se para el motor de la bomba sin cerrar previamente la válvula de impulsión;
- Si hay un corte imprevisto de corriente, en el funcionamiento de la bomba.

Los medios empleados para reducir el golpe de ariete son:

- Cerrar lentamente la válvula de impulsión;
- Escoger el diámetro de la tubería de impulsión grande, para que la velocidad en la tubería sea pequeña;
- Instalar la bomba con un volante que en caso de corte de la corriente reduzca lentamente la velocidad del motor y por consiguiente la velocidad del agua en la tubería;
- Inyectar aire con un compresor para producir un muelle elástico durante la sobrepresión.

**APÉNDICE C:
SISTEMA DE CONTROL LÓGICO
PROGRAMABLE (PLC'S): FAMILIA 5 ALLEN
BRADLEY**

C.1.-ANTECEDENTES.

En la industria, el problema que siempre se trata de resolver es el de producir más con menos y a la misma o mejor calidad. Desde sus inicios, en la vida industrial se ha buscado facilitar las actividades industriales, se ha logrado mucho gracias a los descubrimientos y avances tecnológicos (como la invención de motores eléctricos, el desarrollo de las aplicaciones de la electricidad, los microcircuitos que dan como resultado las PC's, etc.). Un área que ha evolucionado considerablemente es la del control eléctrico con dispositivos mecánicos como: relevadores, contactores, arrancadores, etc.

Al principio estos avances eficientaron la producción, pero al paso del tiempo y con los nuevos requerimientos de la sociedad y las nuevas teorías administrativas de la producción se llegó al punto en que los paros del equipo afectaban directamente la producción, siendo necesarias otras alternativas, surgiendo así los controladores lógicos. Frente a la necesidad de utilizar un modelo para varias funciones se volvieron programables. Debido a que procedían de muy diversas fábricas se dio la siguiente definición para unificar los criterios:

"El controlador lógico programable (PLC) es un equipo electrónico de operación digital que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para la implementación de funciones específicas como: lógica de control, secuencia, tiempo, conteo y aritmética de control; esto a través de módulos de entradas y salidas analógicas y digitales para utilizarlo en varios tipos de máquinas y procesos"

Los componentes electrónicos de estado sólido facilitan el control de motores que son utilizados en diversos procesos de fabricación de maquinaria en general. Gracias a ellos se pueden reducir las corrientes de arranque y reducir el voltaje para aligerar la carga en los motores y por ende, reducir el consumo de energía.

Al colocarse entre la fuente y los circuitos lógicos podemos obtener las siguientes características de protección:

- Que el controlador actúa en caso de una interrupción de la alimentación por más de 15 milisegundos.
- Protección:
 - en caso de sobrecorriente.
 - contra el tiempo inverso de sobrecarga
 - contra bajos voltajes
 - a la terminal de C.C: contra sobrecarga y sobretemperatura.
 - contra fallas a tierra.
 - para las líneas de entrada de C.A.
- Detecta retornos y descargas eléctricas.
- Permite acelerar y desacelerar automáticamente si se sobrepasa el torque límite de un motor.
- Si las condiciones de giro están arriba de lo indicado, la corriente de límite reduce la frecuencia de salida.

C.2.-EL CONTROLADOR PROGRAMABLE.

Un controlador Lógico Programable se compone de:

1. Una fuente de poder.
2. Una unidad de procesamiento
3. Módulos de entradas (I's) - cualquier dispositivo capaz de lograr las condiciones de encendido y apagado- y salidas (O's) .

Estos últimos son conexiones que sirven de interfase entre el PLC y la máquina que controla y sirve como comunicador entre el PLC y el motor que gobierna, para detectar las necesidades del motor. El PLC se podrá comunicar con el resto de la máquina siempre que esté conectado a través de los demás puertos con máquina.

Al operar el PLC comparará las condiciones de estado de sus entradas con el programa (previamente almacenado en su memoria) tomando una decisión y mandando la respuesta para controlar el sistema a través del puerto de salida hacia las máquinas a través de la circuitería externa.

En ocasiones, el PLC puede programarse mediante el teclado de una computadora, pudiendo desplegar el programa en la pantalla para revisarse antes de almacenarlo.

La información es comunicada por medio del código ASCII (Código Americano Estándar para Intercambio de Información), diseñado para poder utilizar un teclado y dar instrucciones al PLC de una forma fácil para el usuario, que el teclado convierte en impulsos binarios para obtener el código

que el PLC pueda interpretar. este código puede decodificarse si se requiere una señal de respuesta en pantalla.

Los puertos paralelos son las salidas al microprocesador conectado por medio de un cable de ocho conductores, uno de ellos es la "línea de guarda" que protege contra las fallas por interrupción, en este caso se produce una señal de ruido que debe eliminarse.

El formato serie se utiliza para transmitir datos en el código ASCII y permite que la información se transmita por dos conductores, resultando muy efectivo cuando se transmiten a largas distancias.

La información puede ser transmitida mediante cambios de voltaje o de corriente., existiendo dos valores estándar para cada uno: el RS-232C y el TTL, y las corrientes de 60mA y 20 mA.

C.2.1.-Ventajas y Desventajas de los sistemas.

RS-232C. Señal de voltaje para encendido entre -3 y -25V.

Señal de voltaje para apagado entre +3 y +25V

En caso de existir una interferencia en la línea no se afectará la transmisión. Pero a veces las alteraciones sobrepasan los valores, por lo que se utiliza la lógica del TTL

- TTL Señal de encendido: 5V.
 Señal de apagado: 0V.
 Presenta problemas de transmisión en grandes distancias pues si el voltaje de línea fuera de menor de $\frac{1}{2}$ V se puede recibir algún dato incorrecto y al ser la máxima 5V puede presentarse ruido eléctrico debido al ambiente.
- 60mA Señal de encendido: 60mA.
 Señal de apagado: 0mA.
 El ruido se presenta a grandes distancias de las líneas de transmisión sin afectar la calidad de los datos transmitidos, pero la señal debe convertirse a variaciones de voltaje si se usan entradas al puerto de la computadora.
- 20 mA Señal de encendido: 20 mA.
 Señal de apagado: 0mA
 Con iguales ventajas y desventajas que el anterior.

C.2.2.-El ambiente afecta a la eficiencia.

Los controladores de estado sólido son menos sensibles a choques y vibraciones (al no contener partes móviles) que los dispositivos electromecánicos, ventaja que es necesario considerar cuando se requiere viento para enfriar.

C.2.3.-Ruidos eléctricos.

El ruido es una señal indeseable que entra a los equipos y causa malos funcionamientos, siendo las fuentes más comunes: las líneas de entrada, de salida y de poder, siendo necesario un alto potencial o una separación más amplia entre los conductores para evitarlo. En los equipos de estado sólido puede causar un espectro de frecuencias y crear ondas, en contraposición el ruido eléctrico no daña a los controladores.

El ruido puede minimizarse y hasta evitarse siguiendo las recomendaciones de instalación del equipo. Otro aspecto que tiene un significativo efecto en la inmunidad al ruido es el aterrizar el equipo, debiendo conectar cada tierra en su respectivo punto de referencia sólo por un conductor.

En cuanto a la duración de los equipos de estado sólido, generalmente supera el tiempo promedio de vida si son operados bajo condiciones típicas, a pesar de ello se debe checar cada dispositivo periódicamente, en especial si controlan una operación crítica, pues el modo de falla más usual es el encendido o el de un cortocircuito.

Para contar con operaciones de respaldo o apoyo se pueden implementar formas de control con componentes electromecánicos, además es conveniente tener una forma de desconexión en caso de una falla peligrosa en la máquina.

En la actualidad existen diversos fabricantes de controladores que ofrecen familias completas de ellos que se pueden enlazar entre sí.

Los controladores programables tienen una amplia gama de aplicaciones como el manejo de materiales de forma automatizada, herramientas de maquinaria y sobre todo en la industria automotriz, teniendo la ventaja de ser fáciles de instalar y pueden diagnosticar fallas.

C.2.4.-Sistema periférico y equipo de programación.

La familia de un controlador, consiste en:

- El equipo ejecutor de funciones (Hardware). Usado en el control de la operación.
- El equipo de programación (Software). Usado para meter el programa de control dentro del sistema ejecutor.
- Cuando ya se ha almacenado el programa, el equipo de programación puede realizar otras funciones sin ser necesario que opere el controlador en sí.
- Se puede considerar como un sistema típico de ejecución al consistente de un procesador, uno o más "racks" de ensamble, fuente de poder, módulos de entrada y salida y otros módulos que aumenten la capacidad del controlador. Los "racks" que alojan a los módulos de entrada y salida, permiten a éstos comunicarse con los dispositivos de control de entrada y salida externos.

C.2.5.-Procesadores.

Existen varios tipos dentro de una familia de controladores. Teniendo diferentes capacidades, contando también con módulos de expansión llamados esclavos. Y pueden programarse desde una computadora o mediante el programador manual. Las funciones del controlador pueden monitorearse y programarse desde la estación de control. Sus memorias pueden estar arriba de los 4K. En sus EEPROMS con respaldo en las baterías para el RAM o sus EEPROM. La capacidad de entradas y salidas varían con las necesidades del usuario. Los procesadores tienen diferentes tipos de entradas y salidas que pueden ser de tipo Relé, TRIAC o tipo Transistor (PNP o NPN); además pueden realizar lógica de relevadores, conteo, tiempo y manipulación de datos. Y pueden estar integrados o ser modulares.

Los controladores realizan las 4 operaciones básicas de matemáticas en tanto la salida ASCII genera mensajes y alarmas. Otros modelos más poderosos tienen funciones trigonométricas y de integración y no permiten el acceso no autorizado de datos y tienen generalmente más de 8K de respaldo por batería en RAM y sus entradas tienen una capacidad. El control de algoritmos PID (lazos de control cerrado), permite eficientar las instrucciones de aplicación al control de procesos.

Además de tener capacidad para el direccionamiento de la batería que soporta la memoria RAM y el reloj de tiempo real, pudiendo llegar a ofrecer más de 16K de instrucciones en RAM y capacidades I/O arriba de los 4,000.

C.2.6.-Módulos de entradas-salidas.

Estos módulos están provistos de una interfase entre el procesador y el dispositivo de campo que será controlado. Por lo general vienen listos para operar voltajes de tipo TTL y normalmente traen un LED para cada punto del I/O que indica el estado de entrada-salida y fusibles externos de protección para cada lado del módulo.

Los módulos que permiten la entrada de fibra óptica tienen un dispositivo de campo especialmente designado para este fin. Esta interfase convierte toda comunicación diferencial del controlador en comunicación óptica y permite una comunicación libre de interferencias electromagnéticas además de estar libre de ruidos por rayos solares. Siendo la distancia máxima que permite el cable de 8 km. Este sistema se utiliza en sistemas de control de procesos, plantas petroquímicas, etc.

C.2.7.- Módulos inteligentes. De I/O's.

Tienen multiplexores de código binario decimal (BCD) e I/O análogos y entrada de contador de alta velocidad y módulos de salida de diálogo de funciones especiales al PLC. Además de microprocesadores de direccionamiento en cada dispositivo que proveen información para ser transferida y almacenada.

El módulo de diálogo es sintetizado por el anunciador de diálogo-mensaje que cuenta con alarma audible, pudiendo dar instrucciones al operador o reemplazar el "display" visual.

C.2.8.- Sistemas gráficos

Existen diversos tipos que pueden utilizarse para diversas aplicaciones de controlador programable. Pudiendo obtener gráficas de diversos colores que son posibles mediante los sistemas de interfase de hardware y software de la computadora y el PLC.

El programador es un dispositivo portable con monitor, programador y documenta la lógica de control de algún procesador. Compuesto por un teclado multifunciones, permite programar a los procesadores de una forma fácil. Esta programación se puede realizar con el procesador fuera de línea, para que una vez que el programa se encuentra listo se almacene en computadora y posteriormente llevado al PLC.

A las I/O se les designan nombres que faciliten su localización. El uso de la pantalla para el diagnóstico del sistema de control permite localizar fallas rápidamente.

C.2.9.-Controladores de células de trabajo.

Se utilizan para coordinar y manejar las operaciones de células de manufactura (grupos de máquinas automatizadas de control programable) que trabajan juntas y eficientan el proceso.

C.2.10.-Controlador de microcélulas.

Este controlador puede programar multifunciones. Es un dispositivo que almacena datos y programas, y controla células pequeñas de trabajo.

El controlador minicélula es de utilización media de la familia de controladores de una célula y está diseñado para eficientar funciones de control básico, realizar análisis de datos y sirven como vía de comunicación con otros equipos.

C.2.11.-Enlaces en el área de trabajo.

Al utilizar un mismo tipo de controlador programable en una planta es la posibilidad de comunicar entre sí a la planta estableciendo redes. Este enlace puede tener arriba de 200 controladores y se realiza mediante un cable coaxial arriba de los 3000 Km., y arriba de 100 módulos de interfases para dicho enlace. El sistema entero puede ser programado por un solo programador o por un paquete.

C.2.12.-El futuro de los plc's.

Tienen un brillante futuro pues se usan en varios nuevos productos, desempeñando una importante labor donde se utilicen robots y sistemas automatizados o de autoregulación, así mismo forman parte de los equipos de control numérico y en diversas máquinas modernas.

C.3.-TIPOS Y SU CLASIFICACIÓN.

Cada fabricante ha diseñado un lenguaje de programación para sus PLC'S siendo necesario familiarizarse con cada uno, pero no habría que perder de vista la posibilidad que lleguen a ser compatibles.

El PLC ya se utiliza en la manufactura integrada por computadora (CIM) indicando que se está encaminando a la integración de automatización de procesos.

Los Plc's de la familia 5 son los más poderosos de la marca Allen-Bradley. Estos controladores se conforman por el SLC 500, 1785, PLC-5VME y los procesadores PLC-5/250.

Tienen como ventajas el ser veloces en sus respuestas y utilizar un mismo tipo de chasis. Esta familia se puede programar de forma rápida y fácil, permitiendo una secuencia lógica de programación y se pueden

programar para lazos de control cerrado (PID) y conectarse al sistema Maestro-Esclavo, así como supervisión de unidades remotas de I/O's.

Su programación puede realizarse en línea o fuera de ella y su sistema de memoria se puede expandir de 4 a 8K.

La familia 5 se conforma de los siguiente procesadores:

- PLC-5/10
- PLC-5/12
- PLC-5/15
- PLC-5/25

Y al tener las mismas dimensiones, se puede elegir el procesador a utilizar ampliando posteriormente las funciones.

C.4.-CARACTERÍSTICAS DE LA FAMILIA 5.

Characteristic.	PLC-5/10 Processor	PLC-5/12 Processor.	PLC-5/15 Processor	PLC-5/25 Processor
Base Memory.	6K words	6K words	6K words	13K words
Max. Memory with 1785-MS RAM module.	-	-	14K words	21K words.
EEPROM module from memory backup	1785-MJ (8K words.)	1785-MJ (8K words.)	1785-MJ (8K words.)	1785-MK (16K words).
I / O (any mix).	256 1	256 1	512 2	1024 3
I / O rack numbers.	41 all local numbers (0-3)	41 numbers (0-3)	4 (numbers 0-3)	8 numbers (0-7)
Max. Number of remote I/O adapters.	0	0	12	16
I/O chassis configuration (max)	1 local	1 local	1 local, 3 remote	1 local, 7 remote.
Remote I/O communication mode	none	adapter	scanner adapter	scanner adapter.
Automatically configuring I/O	yes	yes	yes	yes
Expanding the I/O image table.	No	no	no	yes
Sequential function charts (SFCs)	yes	yes	yes	yes
1 512 I/O using 32-pt I/O modules with ½ slot addressing 1771-A4B. 2 512 inputs and 512 outputs using 16 in or 32-pt 3 1024 inputs and 1024 outputs using modules 16-or 32-pt modules.				

C.4.1.-Componentes de la familia 5.

1. Chasis: Para 408012 o 16 "slots" (contactos) que permiten alojar al procesador y módulos de I/O's.
2. Fuente de poder: Sistema que permite alimentar al procesador y módulos de I/O's.
3. Memoria: Están provistos de memorias de 4K expandibles a 8K en RAM y módulos de EEPROM de 8 a 16K de memoria.
4. Respaldo de memoria: Realizado esto por la batería de respaldo.
5. Cables: Los cables se seleccionan de acuerdo a las necesidades de instalación.
6. Módulos de I/O's: Diseñados de tal forma que en caso de un daño, se pueden reponer sin necesidad de retirar el cableado.
7. Módulos remotos de I/O's: Son optativos para los 5/15 y 5/25 con "racks" remotos.

Quando se selecciona un PLC es necesario tomar en cuenta el consumo de corriente que se tendrá para determinar la fuente de poder que se necesitará, basándonos en la siguiente tabla.

Power Supply.	Input Power.	Output Current. (in amps)	Power Supply Location.
1771-P4	120V ac	8	2-slot
1771-P4R	120V ac	8	1-slot
1771-P4S	120V ac	8	1-slot
1771-P4S1	100V ac	8	1-slot
1771-P5	24V dc	8	2-slot
1771-P6S	220V ac	8	1-slot
1771-P6S1	200V ac	8	1-slot
1771-P6R	220V ac	8	1-slot
1771-P7	120/220V ac	16	external*
1771-PS7	120/220V ac	16	external*

* No usar una batería externa y tampoco un "Slot" o contacto externo en el mismo chasis, pues no son compatibles.

Si los programas a utilizar son muy grandes, es necesario tener una memoria RAM grande y un sistema de almacenaje tipo EEPROM. (ver tabla)

Processor	Words of System Memory	Additional Words from CMOS RAM Options	Backup words of Memory from EEPROM Options.
PLC-5/10	6K	none	8K words (1785-MJ)
PLC-5/12	6K	none	8K words (1785-MJ)
PLC-5/15	6K	4K words (1785-MR) 8K words (1785-MS)	8K words (1785-MJ)
PLC-5/25	13K	4K words (1785-MR) 8K words (1785-MS)	16K words (1785-MK)

La siguiente tabla muestra las posibilidades de expansión de la memoria y las condiciones ambientales a las que trabaja.

Memory Type	CMOS RAM
Memory Size	4K words (1785-MR) 8K words (1785-MS)
Memory Size	4K words (1785-MR) 8K words (1785-MS)
Environmental Conditions	Operating Temperature: 0°-60°C (32°-140°F) Storage Temperature: -40°-85°C (-40°-185°F) Relative Humidity: 5%-95% without condensation.

Así mismo las características de las memorias EEPROM, su capacidad y condiciones ambientales que necesitan se explican a continuación.

Memory Type	EEPROM
Memory Size	8K words (1785-MJ) 16K words (1785-MK)
Physical Size.	Inches: 2.18L x 1.73H x 0.69D milimeters: 55.4L x 43.9H x 17.4D
Write Protection	By removing a jumper.
Environmental Conditions	Operating Temperature: 0°-60°C (32°-140°F) Storage Temperature: -40°-85°C (-40°-185°F) Relative Humidity: 5%-95% without condensation

Aproximadamente la duración de la batería es de un año, pero depende de la temperatura a la que trabaja el PLC.

Temperature	Power Off 100%	Power Off 50%
60°C	0.9 years	1.4 years.
25°C	2 years	3.3 years.

Todos los Plc's tienen diversas especificaciones, antes de elegir uno se deben tomar en cuenta estas especificaciones para conocer su instalación y utilización y saber si es capaz de realizar las funciones que requerimos.

C.4.2.-Instalación.

Para no aumentar la temperatura y con ello incrementar el rendimiento de un PLC, éstos se deben instalar dejando las distancias mínimas entre ellos y otros equipos. También debemos recordar que el chasis debe estar bien montado y la conexión a tierra debe estar firme.

Tampoco debemos olvidar que se necesitan unos microinterruptores al lado de la tarjeta del procesador y en cuanto al grupo de interruptores para el direccionamiento de slots (contactos) y memorias se deben configurar de acuerdo a nuestras necesidades.

En el chasis de esta familia existe un puente para configurar qué tipo de fuente de alimentación recibirá el PLC, ya sea modular o externa.

A su vez, los procesadores tienen un grupo de microinterruptores como el SW1, SW2 y SW3, debiendo tener cuidado de configurarlos correctamente.

Esta familia permite una gran variedad de enlaces, por ello se debe determinar la conexión del adaptador remoto al procesador y la terminación del enlace remoto utilizando una resistencia para evitar ruidos.

C.4.3.-Las fuentes de poder.

El chasis debe configurarse de acuerdo al tipo de alimentación que recibirá el PLC, esta alimentación se realiza a través de una fuente de poder conectada al chasis en cualquier ranura excepto donde se aloja el procesador.

Esta conexión es la única requerida pues la que va al procesador se realiza a través de la tarjeta del chasis. Las I/O' se alimentan de dos formas:

- Por medio de la fuente de poder a través de la tarjeta del chasis (alimentación de la tarjeta I/O).
- Por medio de las I/O's con la alimentación de voltaje y corriente de acuerdo a sus características (conexión de las I/O's).

Por ello, es necesario considerar cuánta corriente consume el procesador y las I/O's que se utilizarán. La fuente debe ser capaz de soportar este consumo con un margen adecuado si se necesitan expandir las funciones del PLC.

C.4.4.-Fundamentos.

Los procesadores de las familias 500,2 y 5 se pueden programar :

- Por medio del software APS
- Por medio de su respectiva terminal de programación (Hand-Hel o programadores tipo estación).

Siendo el primer tipo de programación el más eficaz para programar y para diagnosticar fallas, además de realizar los programas por diagramas de escalera o por lista de instrucciones y aunque la primera es más sencilla, la segunda es más poderosa.

Las instrucciones que se pueden realizar en estas familias son:

1. Lógica de relevadores.
2. Timers y contadores.
3. Datos de I/O's.
4. Funciones de comparación.
5. Operaciones matemáticas.

6. Lógica de movimientos.
7. Archivos.
8. Cambios de estados.
9. Secuenciadores.
10. Control
11. Lazos de control cerrados (PID).
12. Operaciones matemáticas y estadísticas.

Como se puede observar, estas familias de Plc's tienen una programación con amplias aplicaciones, por lo que para elegir correctamente el equipo se deben tener muy presentes las necesidades específicas en cada proceso. Aunque cada una de ellas tiene su propio software coinciden en la misma estructura en su programación.