

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA PILOTO DE
HIDROGENACIÓN CON UNA ETAPA DE DESODORIZACIÓN
DE ACEITE BLANQUEADO DE PALMISTE”**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

JUAN JOSÉ BRAVO ARIAS

LIMA – PERÚ

2010

DEDICATORIA

A mis padres, a mis hermanos, a todos mis familiares por haberme dado la fuerza y la confianza para la culminación de dicho trabajo.

A todos mis colegas, maestros y amigos; por el apoyo en todo momento en darme sugerencias y observaciones durante el desarrollo de mi proyecto.

A mis compañeros de Industrias del Espino, gerentes, supervisores, ingenieros, técnicos y personal de planta, que me apoyaron en todo momento a fin de lograr la realización del presente trabajo.

PRÓLOGO

El presente trabajo consta de 5 capítulos. El primer capítulo nos da un panorama inicial de la importancia del proyecto y el porqué se desarrolló en **Industrias del Espino S.A**, además del alcance y las limitaciones que se establecen y que son necesarias para el desarrollo del trabajo. El capítulo 2 ya nos da idea de la base teórica del proceso que deseamos desarrollar con la implementación, las normas y los parámetros iniciales. En el capítulo 3 detallamos el proceso ya aplicado, así como otros aspectos (económico, técnico, ambiental) que son de interés de la empresa. En el capítulo 4 se desarrolla la implementación y selección de los distintos equipos que van a formar parte del proceso de hidrogenación, en base a 1 TN de producto terminado. En el capítulo 5 se especifican los costos totales de la implementación, actualizados a la fecha de realización del proyecto. Luego se señalan las conclusiones del trabajo, luego del análisis completo de todo lo desarrollado. Seguidamente se dan algunas recomendaciones de mejora de la implementación, las cuales tienen que ver con costos directamente y con la automatización. A continuación se detallan las referencias bibliográficas. Además se incluyen los planos de los equipos y los necesarios para la implementación. Finalmente se incluyen algunos anexos que sirven a manera de explicación de varios temas mucho más amplios y que están fuera del alcance del presente trabajo.

TABLA DE CONTENIDOS

| | | |
|-------------|---|-----------|
| I. | INTRODUCCIÓN. | 4 |
| 1.1 | Antecedentes. | 4 |
| 1.2 | El mercado de chocolates. | 5 |
| 1.3 | Objetivo. | 7 |
| 1.4 | Alcances. | 7 |
| 1.5 | Limitaciones. | 9 |
| 1.6 | Justificaciones. | 10 |
| | | |
| II. | MARCO TEÓRICO. | 12 |
| 2.1 | Conceptos fundamentales del proceso de Hidrogenación y Desodorización. | 12 |
| 2.2 | Parámetros de implementación y selección de equipos. | 16 |
| 2.3 | Normas aplicadas en la implementación. | 17 |
| 2.4 | Estructura de la implementación. | 17 |
| 2.5 | Referencias bibliográficas. | 18 |
| | | |
| III. | PLANTEAMIENTO. | 19 |
| 3.1 | Análisis del problema. | 19 |
| 3.2 | Planta de Hidrogenación con etapa de Desodorización. | 23 |
| 3.3 | Aspectos relacionados: | 24 |
| | I. Económico. | 24 |
| | II. Técnico. | 25 |
| | III. Ambiental. | 26 |

| | |
|--|------------|
| IV. CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE EQUIPOS. | 28 |
| 4.1 Cálculos y selección de componentes principales. | 32 |
| 4.2 Cálculos y selección de componentes secundarios. | 85 |
| 4.3 Cálculos y selección de componentes electromecánicos. | 101 |
| 4.4 Cálculos y selección de componentes eléctricos. | 109 |
| 4.5 Cálculos y selección de componentes electroneumáticos. | 118 |
| | |
| V. COSTOS. | 120 |
| 5.1 Costos de componentes mecánicos. | 122 |
| 5.2 Costos de componentes eléctricos. | 124 |
| 5.3 Costos de componentes electromecánicos. | 124 |
| 5.4 Costos de componentes electroneumáticos. | 124 |
| 5.5 Costos de componentes auxiliares. | 125 |
| 5.6 Costos de estructuras. | 125 |
| 5.7 Costos totales. | 126 |
| | |
| CONCLUSIONES. | 128 |
| RECOMENDACIONES. | 129 |
| BIBLIOGRAFÍA. | 131 |
| PLANOS. | 133 |
| ANEXOS. | 134 |

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN.

1.1 ANTECEDENTES.

A través de pruebas en Laboratorio se trabajó la elaboración de **coberturas de helados y chocolates en barra** a partir de la estearina de palmiste (Fase sólida del fraccionado del aceite blanqueado de palmiste), con resultados satisfactorios. Luego se empleó una manteca hidrogenada para dicha elaboración, mejorando las propiedades que hacían agradable al cliente, a la vez que se incrementaba el contenido de grasas saturadas, que lo hacía un producto con mejores perspectivas.

El interés por las mantecas hidrogenadas toma fuerza a partir de la existencia de un fuerte mercado de coberturas de helados y chocolates para repostería. Así, surge la necesidad de implementar una planta piloto de Hidrogenación a partir del aceite blanqueado-fraccionado de palmiste, ya que éste presenta los niveles más altos de grasas saturadas cuando la hidrogenación es cercana al 100%.

1.2 EL MERCADO DE CHOCOLATES.

El mercado de chocolates a nivel mundial muestra una sólida expansión impulsada por el auge de la industria de la confitería. Durante el período 2001-2006, las importaciones mundiales de chocolate crecieron a un ritmo promedio de 13.1 % hasta alcanzar los US\$ 12,7 mil millones. Si bien aún se mantiene la demanda principalmente por productos de calidad **Premium**, en los últimos años, se ha ampliado la oferta de productos más baratos, lo que ha contribuido a una mayor proliferación de productos y abastecimiento a diferentes sectores del mercado.

Entre las principales empresas comercializadoras a nivel mundial de chocolates, destacan Nestlé, Mars, Cadbury, Kraft y Hershey, en conjunto concentran el 85% del mercado mundial. Por su parte, EE.UU. se erige como el principal mercado al haber concentrado el 10,1 % de las importaciones mundiales en 2006, seguido de Francia (9,1 %) y el Reino Unido (8,8 %). Perú concentró menos del 1 % de las importaciones mundiales.

El mercado de golosinas en Perú creció por encima del 6 % en promedio anual en los últimos siete años, superando los US\$ 166 millones en el 2007, tendencia similar a la reportada en otros países latinoamericanos, aunque menor respecto a la dinámica reportada en países como Argentina y Brasil que, en los últimos cinco años, cuadruplicaron el consumo de golosinas.

La categoría de chocolates ha evidenciado un crecimiento mayor. En los últimos siete años, la producción de chocolatería diversa creció 7,9% en promedio y, solo en el 2007, se expandió 26,7%, teniéndose un estimado de mercado de alrededor de US\$ 85 millones. El mercado creció en un contexto de proliferación de nuevos productos y formatos con márgenes de ganancia limitados por **el alza en costos de su principal insumo, el cacao**, cuya cotización creció 12,7% en promedio en los dos últimos años.

El mercado de los chocolates ha sido siempre dominado por el cacao como materia prima de elaboración, no solo a nivel nacional sino a nivel mundial. El tema de la salud (el colesterol y las grasas insaturadas) hace reflexionar respecto al efecto del chocolate de cacao en el aspecto del cuidado de ingerir alimentos cada vez más sanos y nutritivos. Así, la necesidad del mercado es buscar que un **producto de consumo masivo tenga menor costo de fabricación y sea más saludable**.

Los aceites vegetales a través de la hidrogenación se pueden transformar en productos sustitutos de otros. Por ello es que se han hecho estudios para demostrar que de la hidrogenación del aceite blanqueado-fraccionado de palmiste se obtenga un aceite que, al ser nuevamente fraccionado, se obtenga una manteca (**estearina** o fase sólida del fraccionamiento) con las mismas características físicas del cacao, con una configuración saturada, un bajo porcentaje de moléculas dañinas (trans), y un bajo costo.

Para el desarrollo industrial es necesario en primera instancia la fabricación a nivel piloto a fin de encontrar los parámetros operativos ideales que cumplan las especificaciones técnicas ideales que requiere el mercado.

1.3 OBJETIVO.

Implementar a nivel piloto una planta de Hidrogenación con una etapa de Desodorización para procesar el aceite blanqueado – fraccionado de palmiste como materia prima y obtener un aceite hidrogenado y desodorizado.

1.4 ALCANCES.

El presente informe trata sobre:

1. Parámetros iniciales.
2. Cálculo y selección de equipos.
3. Implementación de instalaciones mecánicas y eléctricas.
4. Estimación de Costos.
5. Planos de las instalaciones.
6. Otros aspectos técnicos complementarios.

Los parámetros que se obtengan durante la operación de la planta piloto servirán de guía hasta encontrar a través de prueba-error los valores reales de dichos parámetros que serán los correspondientes al aceite utilizado.

Los cálculos y la selección de equipos están conforme a las normas respectivas (ASME, AWS, ANSI, etc.).

La implementación de las instalaciones toma en cuenta el espacio asignado a la estructura para la ubicación de los equipos y dispositivos.

Los costos se toman en base a precios actualizados a la fecha del proyecto (2009). Los planos de las instalaciones plasman lo planteado en la implementación.

Existen otros aspectos técnicos secundarios y complementarios, como por ejemplo las recomendaciones de los fabricantes de equipos, proveedores de materiales, estudios anteriores de implementación, etc. Además, se toma en cuenta que la implementación no afecte por ningún motivo el desempeño de otros procesos y al personal que labora en la planta.

1.5 LIMITACIONES.

Tanto el Reactor de Hidrogenación como el Desodorizador son comprados en EEUU y Brasil respectivamente. Prácticamente estos 2 elementos definen los parámetros de todo lo demás, e inclusive el rendimiento del proceso, ya que éste aumenta si aumentamos la capacidad del Reactor y del Desodorizador, en forma proporcional.

El acceso a la información del Laboratorio respecto a las pruebas de aceites y grasas es algo restringido, por cuestiones obvias, son de carácter confidencial. Para el presente trabajo solo tenemos información referencial.

Los datos de la estructura de costos van cambiando en el tiempo, es necesario actualizarla si se quiere tomar en cuenta el implementación a partir del siguiente año.

El uso de materiales específicos para una planta piloto pasa por un análisis económico, técnico y ambiental. Lo ideal es que ésta implementación especifique utilizar sólo acero inoxidable para las líneas de aceite, con el alto costo que trae consigo, sin embargo el acero al carbono también cumple con los requisitos del implementación en cuanto a la contaminación, ya que si bien es cierto es menos contaminante el acero inoxidable, también es cierto que luego que el aceite desodorizado es tratado en procesos posteriores, la contaminación que pueda haber por la fricción en las paredes de los tubos

de fierro desaparece con procesos como filtrado, prensado y los procesos de elaboración de chocolates que esterilizan la materia prima.

Para la implementación de los tanques es necesario tener en cuenta el espacio disponible y la facilidad de la fabricación e instalación. Para la implementación de la tubería es importante asumir por lo menos un flujo a fin de simular todo. Para la implementación de la estructura no hay complicaciones ya que se tienen todos los pesos, la asumida en la implementación está de acuerdo a la mejor ubicación de los equipos según el proceso.

1.6 JUSTIFICACIONES.

El Proyecto se justifica porque:

- Existe una necesidad empresarial.
- El producto tiene un amplio mercado.
- Los resultados a nivel Laboratorio garantizan resultados óptimos a nivel industrial.
- La rentabilidad es atractiva.
- Tiene proyección industrial.

La implementación de la planta piloto de Hidrogenación está ligada a una necesidad empresarial insatisfecha, la producción de chocolates, un mercado en continuo crecimiento y que demanda mucha competencia.

La experiencia en otros países con la hidrogenación de aceites vegetales demuestra que el producto obtenido es rentable.

La materia prima (palmiste) es abundante en la región selvática de nuestro país y constituye un producto alternativo de mucha difusión y crecimiento.

Como cultivo alternativo de la hoja de coca, en nuestro país se le está dando impulso al cultivo de la palma aceitera, y en la actualidad existen varias plantas de extracción de aceite de palma que dan trabajo y bienestar a las familias de los departamentos de San Martín, Loreto, Ucayali y Amazonas.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO.

2.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES DEL PROCESO DE HIDROGENACIÓN Y DESODORIZACIÓN.

La Hidrogenación tiene por objetivo fundamental transformar aceites líquidos o semisólidos en materia grasa sólida, estable a la oxidación y con propiedades reológicas apropiadas a su empleo posterior. Consiste en la adición de hidrógeno a los enlaces dobles de las cadenas carbonadas de los ácidos grasos poliinsaturados. Al hidrogenar un aceite, aumenta su grado de saturación y, consecuentemente, su punto de fusión, obteniendo una grasa sólida. También se consigue una mayor resistencia a la oxidación de la grasa o aceite, ya que **a menor número de insaturaciones, menor oxidabilidad.** La idea es **aumentar el punto de fusión para obtener grasas hidrogenadas con la consistencia adecuada.** Para algunas aplicaciones de la industria alimentaria y otros usos comerciales son convenientes o necesarios las grasas plásticas, sólidas o semisólidas.

La Hidrogenación se efectúa en reactores, donde se mezcla el aceite con el catalizador (por ejemplo 0,05 % - 0,10 % de níquel finamente dividido y

suspendido sobre una tierra de diatomeas). Se suele realizar de 100 °C a 200 °C y desde 1 Kg/cm² hasta 42 Kg/cm². Estas condiciones se suelen controlar para conseguir una hidrogenación más selectiva. Los ácidos grasos más insaturados se hidrogenan más fácilmente y por lo tanto reaccionan antes con el hidrógeno en condiciones adecuadas.

Los reactores de hidrogenación son autoclaves cilíndricos con control de temperatura y posibilidad de agitación vigorosa. El hidrógeno reacciona en los dobles enlaces y transforma el aceite en un producto **menos insaturado**.

Así, el proceso de hidrogenación consiste en introducir aceite de un determinado grado de insaturación o índice de yodo en un reactor donde se le aplica en forma alternada hidrógeno gaseoso a alta presión, generándose una alta temperatura (190 °C) en presencia de un catalizador de níquel, con el objetivo de cambiar su composición química, saturando con hidrógeno los grupos mono-eténicos, diénicos y triénicos naturalmente presentes en el aceite, por ello la propiedad de punto de fusión cambia respecto del aceite original a una manteca sólida a temperatura ambiente. Este proceso fue inventado en Alemania por Kraft para suplir las crecientes necesidades de mantequillas y mantecas naturales. El grado de hidrogenación que se aplique depende de la curva de sólidos que se desee lograr, es decir que tan sólida o fusible queremos obtener la manteca a temperatura ambiente. Como resultado del proceso se tiene como producto mantecas sintéticas de un determinado punto de fusión, por lo general se busca que sea entre 32 °C

y 55 °C, el valor más bajo de punto de fusión es para consumo y el más elevado para que actúen en repostería.

En los años 80 se descubrió mediante investigaciones cromatográficas que dicho procedimiento con el hidrógeno generaba compuestos grasos saturados no naturales desde el punto de vista de la química de los isómeros, estos productos tenían configuraciones óptico-isoméricas del tipo **isómeros trans** y se sospechó que estos grupos no naturales podían provocar anomalías bioquímicas en el consumo humano. Para evitar esto se hicieron modificaciones en la forma de hidrogenar para disminuir dichos grupos.

La sensibilidad de los aceites vegetales ante el tratamiento térmico varía notablemente con la composición en ácidos grasos de los mismos. Así, en el aceite de girasol (86 % insaturados) el calentamiento a 240 °C (temperatura de fritura) durante 2 h, produce 5 % de isómeros Trans, mientras que en el **aceite de palma** (50 % insaturados), el mismo tratamiento produce **0,3 %** de estos isómeros. Los isómeros Trans están asociados a la arteriosclerosis y al infarto cerebral.

La curva de sólidos es una representación de la cantidad en porcentaje, de los grupos que solidifican a una determinada temperatura, esto confiere la "plasticidad de la manteca" y se realizan pequeñas adiciones de aceite para hacerla más fusible a bajas temperaturas. Posteriormente estas mantecas se

refinan y se desodorizan para lograr las propiedades organolépticas adecuadas. Las mantecas o grasas son indispensables como fuente de reserva energética para el organismo, asimismo sirven como fuente de grupos saturados para la producción del tejido de sostén y tisular del cuerpo. Cada gramo de manteca es capaz de generar 9 kcal/g, valor que es superior a los hidratos de carbono y proteínas. Todo organismo puede autoelaborar sus propias grasas bioquímicamente y la fuente energética y de aporte nutritivo se obtiene del consumo de aceites y mantecas.

La Hidrogenación tiene las siguientes consecuencias sobre el aceite:

- Modificación de la consistencia.
- Estabilización del aceite.
- Modificación del color.
- Modificación del valor nutritivo: varía el contenido en ácidos grasos esenciales y hay formación de ácidos grasos trans debido a que se produce una isomerización.

La isomerización también influye en el efecto de endurecimiento de la grasa debido a que los isómeros trans tienen mayor punto de fusión que los cis, y también aportan mayor protección frente a la oxidación. Se puede producir también simultáneamente a la isomerización una migración del doble enlace a lo largo de la cadena, para dar ácidos grasos de mayor punto de fusión.

2.2 PARAMETROS DE IMPLEMENTACIÓN Y SELECCIÓN DE EQUIPOS.

Se definen los parámetros de implementación y selección de equipos a fin de facilitar la labor del ingeniero proyectista para definir las estructuras de cálculo de las instalaciones y los equipos, y los criterios de selección que son siempre sugeridos por los manuales y catálogos de los fabricantes.

Para el proceso de hidrogenación utilizando aceite blanqueado-fraccionado de palmiste se tienen los siguientes parámetros teóricos iniciales, según la tabla adjunta:

| PARÁMETRO | Unidad | Valor |
|------------------------------|--------------------|-----------|
| Temperatura de Calentamiento | °C | 140 - 160 |
| Catalizador | kg / TN | 0,4 – 2,0 |
| Temperatura de Reacción | °C | 170 - 220 |
| Presión de Hidrógeno | kg/cm ² | 3,0 – 5,0 |
| Índice de lodo | mg / 100 g | - |
| Punto de Fusión | °C | - |
| Temperatura de Enfriamiento | °C | 125 ± 20 |

Parámetros iniciales de implementación

Durante el desarrollo de la implementación se manejan parámetros específicos para los cálculos, y como referencia se toman de la tabla, sin embargo hay otros (como por ejemplo las condiciones ambientales) que se van estableciendo durante el desarrollo de la implementación, y aquellos que son especialmente adecuados para las selecciones de equipos.

2.3 NORMAS APLICADAS EN LA IMPLEMENTACIÓN.

Las normas aplicadas en la implementación son:

- Normas de Diseño de recipientes a presión ASME.
- Normas de Diseño de agitadores ASME.
- Normas de Diseño de tuberías.
- Normas técnicas peruanas (NTP).
- Normas ASTM, API 650, ANSI, AISC, AWS.

2.4 ESTRUCTURA DE LA IMPLEMENTACIÓN.

Se plantea la estructura de implementación para la planta piloto en la Fig. A.

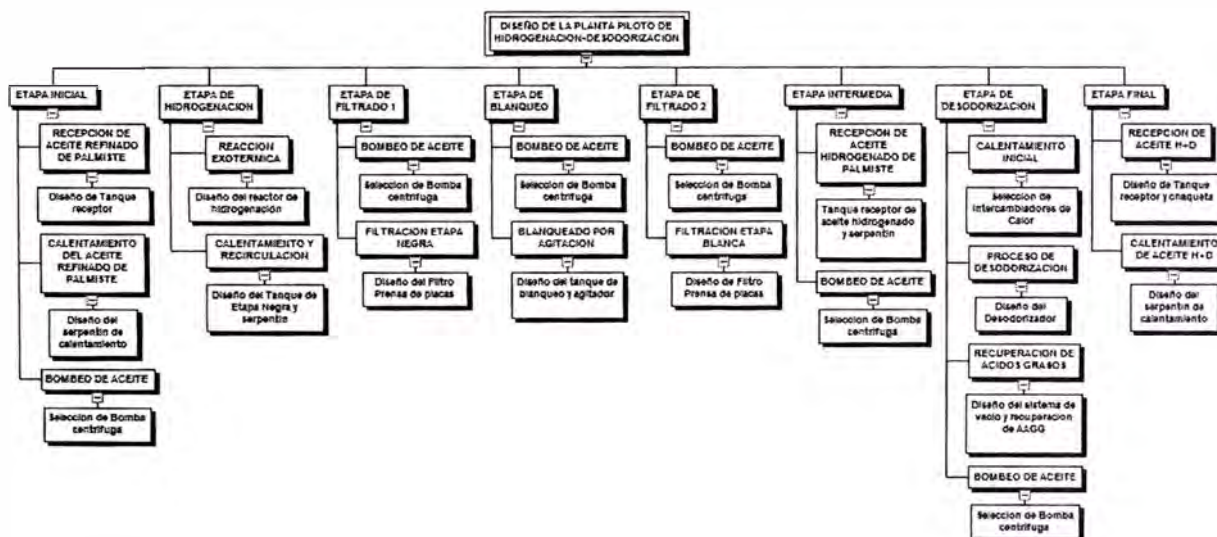


Fig.A. Estructura de implementación para la planta piloto.

El mapa conceptual de la implementación inicial es el indicado en la Fig.B.

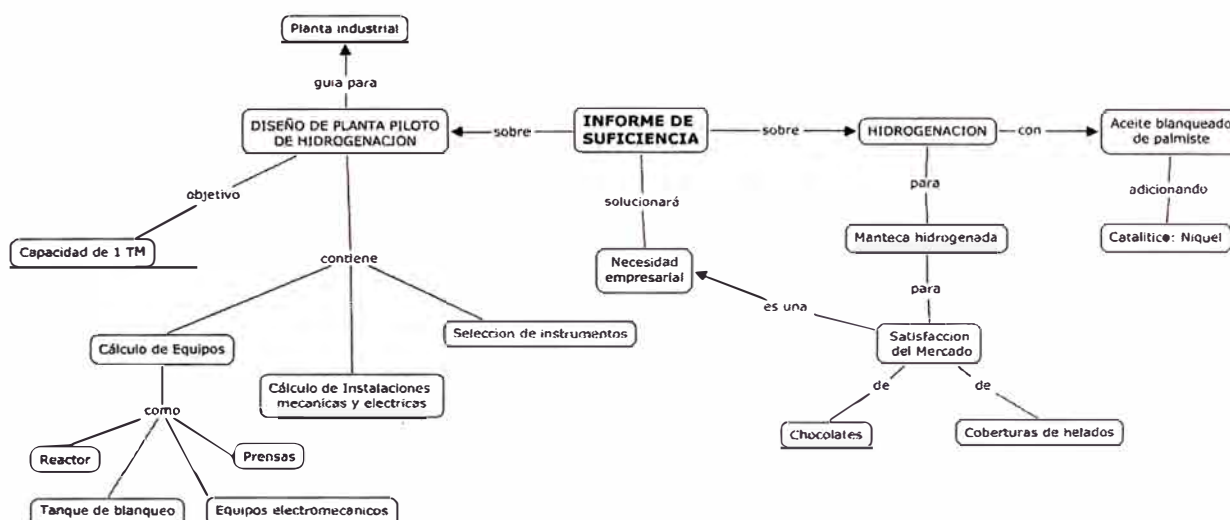


Fig. B. Mapa conceptual de la implementación del proyecto.

2.5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Las fuentes de información o referencias bibliográficas del presente trabajo son estudios, investigaciones, artículos de revistas especializadas, textos académicos, artículos técnicos, publicaciones en Internet, etc.

En el ítem BIBLIOGRAFÍA (Ver Tabla de Contenido) se especifican las citas bibliográficas de información base del presente trabajo.

CAPÍTULO III.

PLANTEAMIENTO.

3.1 ANÁLISIS DEL PROBLEMA.

Ante la necesidad empresarial de la elaboración de chocolates, se demostró en pruebas de Laboratorio que el aceite blanqueado - fraccionado de palmiste, al pasar por un proceso de Hidrogenación y Desodorización de excelentes resultados, produce una manteca obtenida por fraccionamiento que es de buena calidad. Luego de realizar los estudios de factibilidad y el análisis de riesgo, el estudio de mercado, el estudio de costos y los índices costo- beneficio, resultaron favorables. En consecuencia se aprobó a nivel gerencial implementar el proyecto Hidrogenación -Desodorización para llevar a nivel piloto el proceso y recoger información sobre la operación, las características del producto final, y los valores de costo-beneficio real, que podrían decidir la puesta en marcha o no de la planta industrial de elaboración de chocolates.

Se llegan a determinar 4 principales problemas que pueden afectar considerablemente al logro del objetivo:

1. Materia prima inadecuada.
2. Contaminación cruzada.
3. Equipos inadecuados.
4. Falta de planificación.

Un diagrama de Ishikawa (Fig C) nos puede ilustrar lo anteriormente dicho:

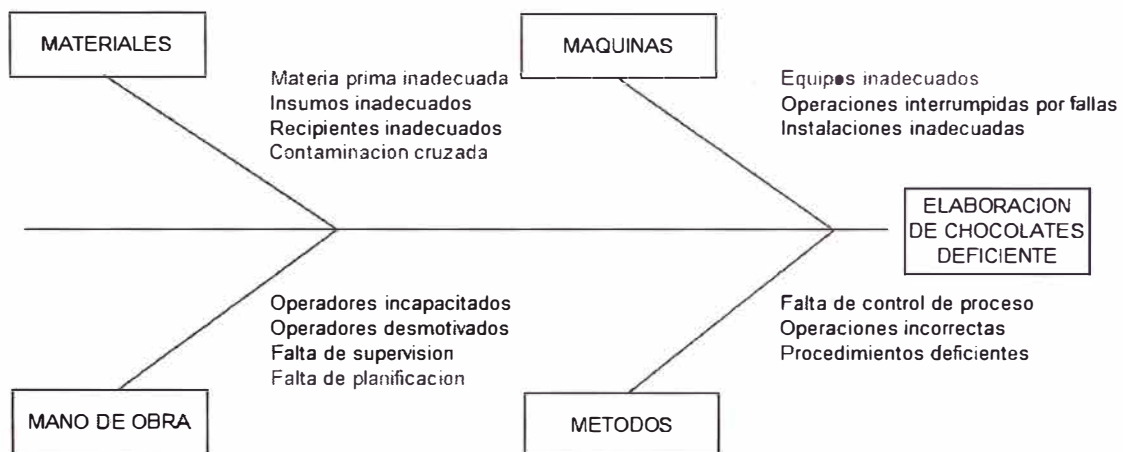


Fig.C. Diagrama Ishikawa de la implementación del proyecto.

Cuando se realizaban las pruebas en Laboratorio se utilizaron varias muestras que probablemente no hayan sido controladas con rigurosidad. Los equipos utilizados carecían de certificación e implementación y, a pesar que las pruebas se realizaban con mucho cuidado en cuanto al procedimiento, la falta de comunicación y la deficiente gestión de los resultados antes de llevarlos al cliente aumentaron más el problema principal: el chocolate preparado no tenía la consistencia sólida que se necesitaba para la

temperatura requerida y su punto oleo era bajo, por tanto se derretía fácilmente impidiendo que se elaboren bloques rígidos para su envasado.

Luego que se corrigieran todos los defectos de muestreo, se hicieron muchas pruebas utilizando primero aceite blanqueado de palmiste, más los parámetros obtenidos estaban aún lejos de los que se querían obtener.

Seguidamente se utilizó aceite blanqueado-fraccionado de palmiste (Titer oleína de palmiste), obteniéndose después de muchos afinamientos la siguiente tabla de resultados (Fig D):

| Producto | Oleína de palmiste | Titer Oleína de palmiste | Cebes MC 80 |
|----------|--------------------|--------------------------|-------------|
| PF | 27.4 | 39 | 33.2 |
| IY | 19.82 | 0.29 | 0.73 |
| SFC | | | |
| 10°C | 71.300 | 94.807 | 97.12 |
| 20°C | 41.400 | 88.512 | 95.844 |
| 25°C | - | 71.185 | 88.134 |
| 30°C | - | 39.785 | 41.523 |
| 35°C | - | 16.186 | 2.583 |
| 37°C | - | 13.142 | 0.291 |
| 40°C | - | 8.502 | 0 |

Fig.D. Tabla de resultados del Titer oleína de palmiste.

Los parámetros comparados entre el Titer oleína de palmiste (sustituto) y el Cebes MC80 (manteca de cacao hidrogenada) arrojaban las siguientes conclusiones:

Buen punto de fusión: cercano al hidrogenado.

Bajo índice de yodo: menos saturado.

Grasas sólidas (SFC): A temperaturas bajas debe ser alto (chocolate sólido) y a temperaturas altas debe ser cercano a cero (que se derrita fácilmente).

Estos resultados convencieron la necesidad de hidrogenar aceite blanqueado-fraccionado de palmiste para obtener la manteca sustituta.

Dado que la implementación de la planta piloto debe ser tal que cumpla la expectativa de producción, debemos analizar cual es la expectativa de la empresa. Para este caso es de 1Tn por día. Podemos tomar como referencia el diagrama de flujo presentado a continuación. La idea de la implementación es que el mismo sea tal que no se vuelvan a repetir las mismas causas que se presentaron en las pruebas de Laboratorio, así que se pondrá énfasis en escoger los materiales adecuados, el proceso más eficiente que asegure obtener los resultados esperados, y asegurar la correcta operación del proceso y los equipos.

3.2 PLANTA DE HIDROGENACIÓN CON ETAPA DE DESODORIZACIÓN.

Se plantea el siguiente diagrama de flujo para el proceso (Ver Fig. E):

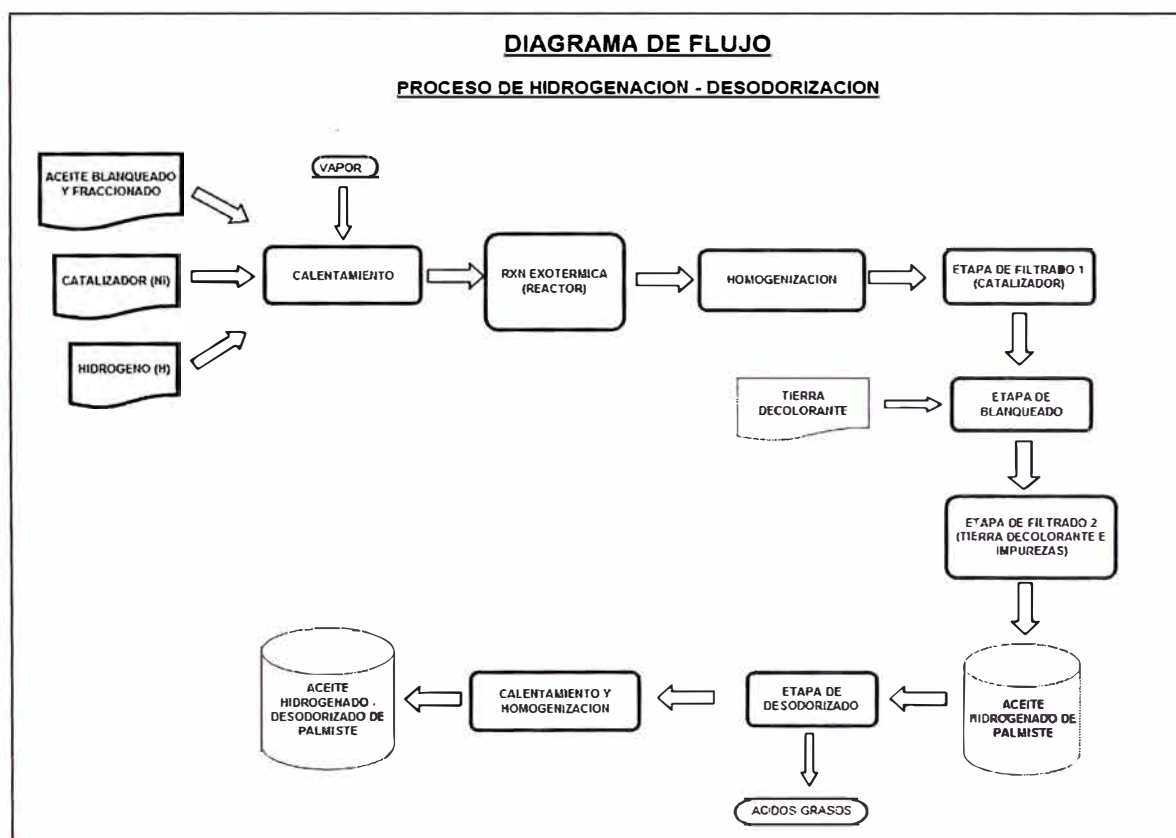


Fig. E. Diagrama de flujo del proceso de hidrogenación del aceite blanqueado-fraccionado del palmiste.

En referencia a este diagrama de flujo, la planta de hidrogenación se compone de:

- Tanque receptor de aceite blanqueado-fraccionado de palmiste.
- Reactor piloto de hidrogenación.
- Tanque de etapa negra.

- Bomba de alimentación a prensa negra.
- Prensa Negra (Filtro prensa de catalizador e impurezas).
- Tanque de etapa blanca o de blanqueo.
- Bomba de alimentación a prensa blanca.
- Prensa Blanca (Filtro prensa de tierra decolorante e impurezas)
- Tanque receptor de aceite hidrogenado.
- Desodorizador piloto.
- Bomba de alimentación de aceite desodorizado.
- Tanque receptor de ácidos grasos.
- Bomba de descarga de ácidos grasos.
- Sistema de vacío para ácidos grasos.
- Tanque receptor y homogenizador de aceite desodorizado.
- Sistema de vapor húmedo a 3 bar, vapor seco a 1 bar.

3.3 ASPECTOS RELACIONADOS:

i. Económico:

Dentro de la implementación podemos definir:

1. Costos de Instalación.
2. Costos de Insumos.
3. Costos de materia prima.
4. Costos de mantenimiento.

Estos costos determinan también la factibilidad del proyecto a fin de que sea realizable, ya que este aspecto es del tipo gerencial. Es responsabilidad del diseñador en conseguir el máximo rendimiento de la planta al menor costo posible.

Los costos de fabricación pueden ser:

Costos variables o directos: Materia prima, Mano de obra directa, Mantenimiento, Servicios, Suministros.

Costos indirectos: Mano de obra indirecta, Depreciación, Impuestos, Seguros, Financiación, Investigación y Desarrollo, Relaciones Públicas, Contaduría, Asesoramiento Legal, Patentes, Dirección y Administración, Ventas y Distribución.

La implementación presentada contempla un análisis de costos a fin de justificar la puesta en marcha de la planta piloto. Si bien es cierto queda a criterio del proyectista en cuanto a las estructuras y tuberías, debe de considerar siempre la actualización de costos de los materiales y equipos.

ii. Técnico:

La planta piloto tendrá un funcionamiento al principio manual, es decir, se requerirá como mínimo 3 operadores a fin de

controlar todo el proceso de Hidrogenación y Desodorización. La implementación puede llegar a un nivel de automatización adecuado que permita reducir las fallas por error humano y facilitar el cambio de parámetros para las pruebas requeridas con el menor riesgo y la mayor precisión posible.

También en dicha implementación se debe considerar un sistema de seguridad que asegure que el peligro de explosión sea minimizado y controlar la generación de riesgos que pongan en peligro la salud y la vida de los operadores, así como de las personas en general.

iii. Ambiental:

La puesta en marcha de la planta piloto no debe afectar el medioambiente, por tanto se debe identificar los aspectos ambientales como:

1. Emisión de gases de invernadero (vapor).
2. Efecto de la emisión de hidrógeno al ambiente.
3. Derrames de aceite por fallas no controladas.
4. Peligro de explosión y de incendio por la presencia de recipientes a presión.

Este análisis sugiere realizar matrices de control e implementar las actividades necesarias para minimizar los impactos ambientales que puedan surgir.

CAPÍTULO IV.

CÁLCULO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS.

Para el cálculo y la selección de los equipos es necesario conocer la materia prima a utilizar y el producto final a obtener, en cuanto a sus características termo físicas, mecánicas, etc.

El producto a obtener es un aceite hidrogenado y desodorizado, con las siguientes características: la temperatura del fluido: 30 °C – 35 °C, el producto debe **mantenerse** a dicha temperatura, y la producción debe ser de 1 TN diaria. La materia prima disponible es un aceite blanqueado-fraccionado con las siguientes características: la temperatura del fluido: 30 °C – 35 °C, densidad: $0.9 \text{ Tn}/\text{m}^3$, la materia prima se obtiene de procesos previos efectuados al aceite de palmiste, la cantidad utilizada debe ser mayor de 1 TN.

La materia prima debe pasar por los siguientes procesos:

1. Calentamiento:

Debe de calentarse hasta una temperatura de 90 °C antes de que inicie la reacción exotérmica, con la finalidad de que el tiempo de dicha reacción sea menor. Esto se hace en 2 etapas, en el tanque de calentamiento y en el reactor.

2. Reacción exotérmica:

La reacción exotérmica debe producirse en el reactor, capaz de soportar temperaturas de más de 200 °C y presiones de hasta 5 bar. En esta etapa se produce la inyección de hidrógeno y la adición de catalizador.

3. Homogenización:

El aceite reaccionado debe homogenizarse a 55 °C – 60 °C a través de un agitador, para lograr un equilibrio y un mezclado ideal previo al filtrado.

4. Etapa de Filtrado 1:

El aceite es filtrado a través de un filtro prensa para eliminar las partículas del catalizador y otras impurezas.

5. Etapa de blanqueado:

El aceite es blanqueado con adición de tierra decolorante en un tanque y homogenizado a través de un agitador.

6. Etapa de Filtrado 2:

El aceite es filtrado a través de un filtro prensa para eliminar las trazas de tierra decolorante y de catalizador que pueda aún contener.

7. Calentamiento:

El aceite hidrogenado es calentado, paso importante previo a la Desodorización.

8. Etapa de Desodorizado:

El proceso de Desodorización implica obtener un aceite libre de olores que se producen por la presencia de los ácidos grasos.

El aceite es calentado bajo vacío usando vapor directo para proporcionar la agitación que asegura una buena transferencia térmica. Cuando se alcanzan la temperatura y la presión deseadas, la inyección de vapor directo se ajusta para impartir un alto grado de turbulencia al aceite, asegurando un buen contacto físico del vapor con el aceite. Debido al vacío las impurezas son arrastradas con el vapor hacia un tanque de condensados así como los ácidos grasos, que luego son recuperados.

9. Calentamiento y Homogenización:

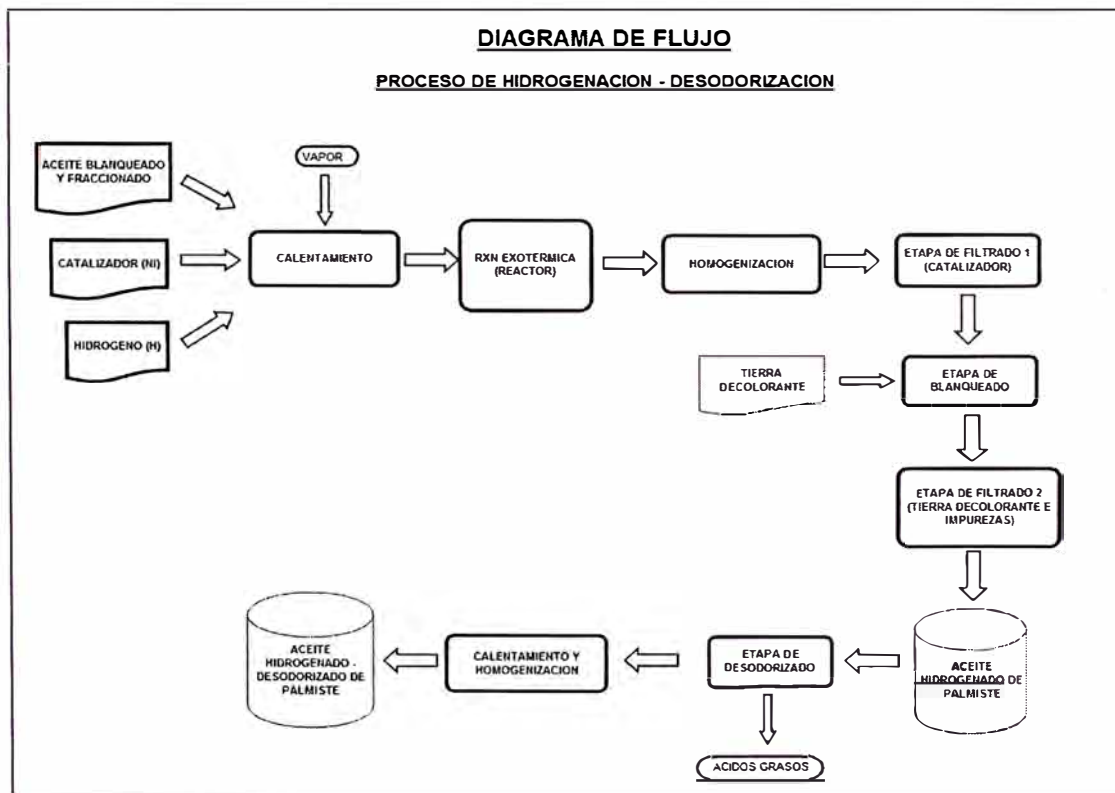
El aceite desodorizado es calentado y homogenizado mediante agitación mecánica para que se conserve a una temperatura de 40 °C.

10. Etapa final:

Finalmente el aceite es llevado a la Sección de Fraccionamiento a fin de obtener la fase sólida que corresponde a la materia prima de la elaboración de chocolate.

Cabe mencionar que el proceso de recuperación de los ácidos grasos constituye un proceso complementario del proceso de Desodorización, ya que los ácidos grasos son la materia prima para la producción de jabón.

Podemos tomar como referencia el diagrama de la Fig. E.



4.1 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES PRINCIPALES.

1. *TANQUE RECEPTOR DE ACEITE BLANQUEADO-FRACCIONADO DE PALMISTE.*

Capacidad: El tanque receptor tiene una capacidad adecuada para alimentar de aceite de palmiste respecto a la capacidad del reactor. Se considera que sea de 2 TN.

Tipo: Es un tanque cilíndrico con techo fijo que opera a presión atmosférica, ubicado en posición horizontal. Está sostenido por 2 apoyos ubicados adecuadamente.

Entradas y salidas: La entrada de aceite (ubicada en la parte superior) de 1 ½" o 2" y la salida de aceite (ubicada en la parte inferior) de 2" (diámetros sugeridos). Además debe de contar con un manhole estándar de 508 mm (Ver Tablas 4 y 5) y su placa de refuerzo, una salida de venteo de 1", una salida de drenaje de 2", una salida de rebose de 2", una boquilla de 2" para el control de nivel y una de ½" rosca interior para el sensor de temperatura. Todas las boquillas son instaladas perpendicularmente a las placas del tanque. Además debe tener una válvula de purga de aceite de 1" en la parte inferior y una salida de rebose de 1" por encima del control de nivel alto.

Accesorios: Debe de contar con un dispositivo de control de nivel para controlar el proceso de llenado y vaceado del aceite, y un termómetro para verificar la temperatura interna.

Complementos: Este tanque debe estar forrado con aislamiento térmico a fin de minimizar las pérdidas de calor (por ejemplo fibra de vidrio de 2", y plancha de acero inoxidable brillante de 1/40"). La salida del serpentín de 3/4" debe tener un conjunto de filtro-trampa-visor con válvulas de corte de 1/2" para la salida de la mezcla vapor - condensados. La tubería de entrada del serpentín debe estar forrada con fibra de vidrio media caña de 2" y plancha de acero inoxidable brillante de 1/40".

Material para el tanque: En cuanto al material considerar acero estructural ASTM A36.

Material para la soldadura: Considerar electrodos de clasificación AWS E60XX y E70XX. En este caso se utiliza AWS E6011 (Cellocord).

Dimensiones: La Capacidad del tanque está dada por:

$$M = \frac{\pi D^2 H}{4} \times \rho \dots (4.1.1)$$

Haciendo una iteración para varios valores de H:

| D (m) | H (m) | M (TN) | ρ (TN/m3) |
|-------|-------|---------|----------------|
| 1.42 | 1.40 | 2.00 | 0.9 |
| 1.37 | 1.50 | 2.00 | 0.9 |
| 1.33 | 1.60 | 2.00 | 0.9 |
| 1.29 | 1.70 | 2.00 | 0.9 |
| 1.25 | 1.80 | 2.00 | 0.9 |
| 1.22 | 1.90 | 2.00 | 0.9 |

Escogemos: **D = 1,29 m H = 1,70 m**

Un esquema del tanque se muestra en el plano P-1. Las condiciones de materiales, implementación y fabricación serán bajo las normas ASME.

Utilizando las relaciones de recipientes a presión (ASME), entonces:

Material del tanque: Acero estructural A-36 (recomendado).

Presión interna del tanque: $P = P_o + 30 = 14,5 \text{ psi} + 30 \text{ psi} = 44,5 \text{ psi}$

(P_o : Presión atmosférica).

Radio interno: $R = 1,29/2 = 0,645 \text{ m} = 24,39''$.

Esfuerzo permisible: $S = 1630 \text{ Kg/cm}^2 = 23184 \text{ psi}$ (Ver tabla 8).

Eficiencia de junta: $E = 0,85$ (Ver Tabla 2) Menos costoso y más efectivo.

Se aplica:

$$t = \frac{PR}{SE - 0,6P} \dots(4.1.2)$$

Resultando: $t = 0,055'' = 1,40 \text{ mm}$.

Aplicando:

$$t = \frac{PR}{2SE + 0.4P} \dots(4.1.3)$$

Resultando: $t = 0,0275'' = 0,699 \text{ mm}$.

Por tanto, comparando los dos resultados, un espesor de 2 mm es como mínimo. El espesor recomendado de la plancha del tanque está dado por la Tabla 1. Para este caso se puede utilizar plancha de 3/16'' para la fabricación del cilindro, la tapa y el fondo pueden ser de 1/8'' (3,2 mm). Ya que el cilindro es horizontal, debe ser de mayor espesor la parte cilíndrica.

Serpentín de calentamiento de vapor: Por un serpentín de acero al carbono de diámetro "Do" y longitud "L" circula vapor saturado a 120 °C y 2,5 bar, este serpentín esta dentro de un tanque que contiene 1000 kg. de aceite blanqueado-fraccionado de palmiste, el cual debe ser calentado desde 30 °C hasta 60 °C.

Se cumple que: "El calor ganado por el aceite es el mismo que libera el serpentín de vapor que está inmerso en el aceite" (balance de energía: 2da Ley de la Termodinámica).

Calor ganado por el aceite:

Masa de aceite (M): 1000 kg.

Temperatura inicial del aceite (Ti): 30 °C

Temperatura final del aceite (Tf): 60 °C

Calor específico del aceite (Ce): $0,43 \frac{BTU}{lbm \cdot ^\circ F} = 1,8 \frac{KJ}{kg \cdot ^\circ C}$ (Tabla 13).

Considerando que el calentamiento lo hacemos en 1h (t): 3600 s.

El calor necesario para el aceite sería:

$$q = \frac{MCe(T_f - T_i)}{t} \dots (4.1.4)$$

Lo que nos da **q = 15 kW = 15000 W.**

Calor perdido por el serpentín de vapor:

El serpentín de vapor es un tubo dispuesto de una forma adecuada por el cual circula vapor saturado de agua.

De la Tabla 7 vemos que el rango del coeficiente global de transferencia de calor para un serpentín vapor - aceite vegetal es:

$$U = 39 \left(\frac{BTU}{h - pie^2 \cdot ^\circ F} \right) - 72 \left(\frac{BTU}{h - pie^2 \cdot ^\circ F} \right) = 221,4 \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right) - 408,8 \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right) \dots (4.1.5)$$

Sabiendo que la pérdida de calor es:

$$q = UA(T_i - T_e) \dots (4.1.6)$$

$$q = 15000W.$$

Además, $T_i - T_e = 393 \text{ }^\circ K - 303 \text{ }^\circ K = 90 \text{ }^\circ K \dots (4.1.7)$

Según (4.1.5), (4.1.6) y (4.1.7) el valor de A estaría en el rango de:

$$A = 0,752m^2 - 0,407m^2$$

Tendríamos la siguiente tabla de iteración, utilizando los datos de la Tabla 6:

$$A = 0,752m^2 - 0,407m^2$$

| Do | Di (m) | A2 (m2) | A3(m2) | A4 (m2) | A5 (m2) | A6 (m2) |
|------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| 1/2" | 0.01756 | 0.1103 | 0.1655 | 0.2207 | 0.2758 | 0.3310 |
| 3/4" | 0.02096 | 0.1317 | 0.1975 | 0.2634 | 0.3292 | 0.3951 |
| 1" | 0.02664 | 0.1674 | 0.2511 | 0.3348 | 0.4185 | 0.5022 |
| 1.5" | 0.04094 | 0.2572 | 0.3859 | 0.5145 | 0.6431 | 0.7717 |
| 2" | 0.05248 | 0.3297 | 0.4946 | 0.6595 | 0.8244 | 0.9892 |

Por ejemplo, en esta tabla el área A5 es el área correspondiente a $L = 5m$ para cualquier diámetro, para el caso de 1" corresponde $0,4185 m^2$.

Así, tenemos los valores sombreados como posibles soluciones.

Entonces $Do = 1"$, $L = 6m$ se toma como la solución que me garantiza la transferencia de calor necesitada con el diámetro y la longitud más adecuada al menor costo.

Para comprobar este resultado procedemos a plantear el fenómeno:

Para el caso del vapor se trata de un fluido interno con convección forzada (ya que el fluido tiene un flujo másico y una velocidad determinada por la potencia del caldero que lo genera). Los datos del vapor son:

Flujo másico estimado: $\dot{m} = 0,045 \frac{Kg}{s}$ (Dato de planta).

Temperatura del vapor: $T = 400 \text{ }^\circ K$

Presión del vapor: $P = 2,5$ bar.

Volumen específico: $\nu = 0,731 \frac{m^3}{kg}$ (Datos T y P). (Tabla 16)

Viscosidad: $\mu = 13,05 \times 10^{-6} \frac{N \cdot s}{m^2}$ (Datos T y P).

Conductividad térmica: $k = 27,2 \times 10^{-3} \frac{W}{m \cdot K}$ (Datos T y P).

Número de Prandtl: $Pr = 1,033$ (Datos T y P). (Tabla 16)

Coefficiente de expansión: $\beta = 896 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ K^{-1}$ (Datos T y P). (Tabla 16)

Hallamos el Número de Reynolds:

$$Re = \frac{4 \dot{m}}{\pi D \mu} \dots (4.1.8)$$

Hallamos el Número de Nusselt: (Tabla 17).

$$Nu = 0,023 \times Re^{4/5} \times Pr^{0,3} = \frac{hD}{k} \dots (4.1.9)$$

Con estas relaciones hallamos el coeficiente de convección "h" y finalmente el flujo de calor transferido para $L = 6$ m.

Número de Reynolds: $Re = 164807,47$ (El flujo es turbulento).

Número de Nusselt: $Nu = 346,37$.

Coefficiente de convección: $h = 339,24 \frac{W}{m^2 \cdot K}$.

Área: Utilizando el diámetro interno $Di = 0,02664$ m, $A = \pi DL = 0,5022$ m^2 .

Recalculando: $q = 15331,46$ W.

Que coincide con el flujo de calor necesitado, por tanto los valores tomados de **Do** y **L** son correctos.

Otro procedimiento de cálculo está indicado en el Anexo VI.

En conclusión: para el caso del serpentín, se puede utilizar tubo de acero al carbono de 1" x 6m sch 40 sin costura, y codos de acero al carbono de 1" x 90° sch 40.

Selección del termómetro: Hay que tener en cuenta lo siguiente: Temperatura máxima de registro, espesor de pared del tanque, posición y ubicación, y material adecuado para el fluido en contacto.

En este caso la máxima temperatura del aceite estaría en los 40 °C, por lo tanto el rango elegido sería 0 °C-100 °C. El tanque tiene una plancha de 6 mm de espesor, por tanto el bulbo sería de ½" x 4". El fluido es aceite vegetal, por tanto debe ser de acero inoxidable. El operador necesita el registro visual rápido, por tanto se puede escoger un termómetro de dial 4" con cabeza móvil para una fácil inspección.

Selección del control de nivel: Para la selección del control de nivel hay que tener en cuenta lo siguiente: Capacidad del tanque, temperatura del fluido contenido, y tipo de control más adecuado.

En este caso se tiene un control de nivel tipo boya, que pueda regular la válvula de ingreso de aceite al tanque.

Soldadura del tanque: La soldadura del tanque se realizó con máquina de soldar eléctrica, utilizando el método SMAW, con electrodo cellocord de 1/8" para el pase raíz o de penetración, electrodo cellocord 3/32" para el pase de relleno, y electrodo overcord 3/32" para el acabado.

Algunas observaciones y recomendaciones para la soldadura del tanque se especifican en el anexo III. En lo referente a la fabricación, ver anexos I y II.

2. REACTOR PILOTO DE HIDROGENACION.

El Reactor Piloto se adquirió de la Empresa: ***"International Reactor Company"***, a través de una importadora de diversos equipos americanos ("Perryvidex").

Capacidad: El reactor es diseñado para una capacidad de 0,5 TN. Consideremos esta capacidad del reactor porque es necesario un espacio adicional del 30% del volumen de operación debido a la expansión del gas y a la naturaleza misma de la reacción exotérmica.

Tipo: El reactor es un tanque enchaquetado cilíndrico vertical con tapa bombeada y fondo cónico, capaz de resistir la reacción exotérmica del hidrógeno en el proceso de hidrogenación.

Entradas y salidas: La entrada de aceite es por la parte superior de la tapa bombeada y es de 2". La salida del aceite reaccionado es por la parte inferior de diámetro 1". El diámetro de la conexión del vacío es de 1", provista de una válvula de corte rápido (de bola). El vacío permite liberar la humedad remanente en el reactor. En la parte superior también tiene una válvula de 2" para la purga de los gases (vapor, hidrogeno, nitrógeno) que se quedan luego de la reacción. El diámetro de la entrada del catalizador al reactor es de 4", se puede colocar un regulador manual para facilitar la alimentación. El reactor tiene una válvula de purga de aceite de 2" en la parte inferior, para liberar al reactor del aceite remanente luego de la reacción. La chaqueta de agua de enfriamiento presenta una entrada y una salida de agua de 2" bridadas. La entrada y salida del serpentín de vapor son de 1" bridadas. El nitrógeno ingresa al reactor a través de una válvula de corte rápido de 1/2". El Hidrógeno entra y sale mediante un distribuidor a través de una válvula de corte rápido de 1/2". Además presenta una entrada roscada de 1/2" para el sensor remoto de temperatura y una boquilla de 1" para el sensor de presión que me permita medir el nivel del tanque.

Características: El reactor comprende una doble pared, consistiendo dicha doble pared en una pared externa apta para soportar las cargas mecánicas y

en una pared interna que delimita el volumen de reacción, en cuyo interior ha de reaccionar un medio de reacción, resistiendo la pared interna a dicho medio de reacción y protegiendo la pared externa de cualquier impacto con este último.

De manera característica, un espacio está dispuesto entre las paredes externa e interna. La recombinación controlada del hidrógeno con el aceite ocurre en el interior del reactor, no conteniendo dicho espacio ningún medio susceptible de garantizar la difusión del hidrógeno atómico de dicha pared interna hacia la pared externa, y la estructura de dicho reactor incluye medios para, durante su utilización, equilibrar las presiones por ambas partes de dicha pared interna y permitir la circulación y la evacuación hacia el exterior del hidrógeno que ha accedido a dicho espacio, luego de la reacción.

Accesorios: El sensor de presión debe estar calibrado para que la válvula de ingreso de aceite de 2" llene el correspondiente a 1 batch (medida de volumen específico de un material) (300 kg). Tiene que ser un sensor tipo remoto.

El sensor de temperatura (también remoto) debe registrar la temperatura interna del reactor en forma continua: Cuando el aceite llega a los 90 °C y se produce la inyección de hidrógeno, finalizada la reacción el aceite alcanza una temperatura de 170 °C, en ese momento se procede al enfriamiento con

la chaqueta de agua. La descarga del aceite hacia el tanque de etapa negra es por gravedad y se realiza cuando el aceite está a una temperatura de 90 °C a través de una electroválvula neumática. Esta electroválvula debe accionarse a través de un push-boton y se alimenta de la red de aire de la planta. (Ver anexo XVIII).

Complementos: El reactor incluye también un agitador vertical mecánico con unas paletas de una característica especial, accionado por un motoreductor que gira a una velocidad determinada, además de un serpentín de vapor montado en forma concéntrica al tanque.

Así mismo, en la parte inferior lleva un distribuidor de hidrógeno, el cual consta de un ducto cerrado con una serie de agujeros de diámetro determinado que, bajo la presión de inyección produce un efecto de difusión homogénea del hidrógeno en el aceite, sin modificar la suspensión del catalizador, y favoreciendo la transferencia de calor del serpentín de vapor. Los agujeros del distribuidor están hacia abajo, para prevenir la presencia de sólidos en el gas y mantener una distribución uniforme de saturación por combinación química a través de la masa de aceite.

El reactor debe estar forrado con un aislamiento térmico a fin de evitar pérdidas de calor por la chaqueta, por ejemplo fibra de vidrio de 4", y con plancha de acero inoxidable brillante de 1/40". La tubería de ingreso de

vapor debe estar forrado con fibra de vidrio media caña de 2" y plancha de acero inoxidable brillante de 1/40".

Material: En el caso del reactor, como se trata de aceite en reacción, lo más recomendable es utilizar acero inoxidable, en calidad 304.

Los cálculos de implementación del reactor están basados en las normas de implementación de recipientes a presión. Sin embargo, hay que conocer realmente como es la reacción exotérmica. La reacción exotérmica esta basada en una liberación de calor debido a la reacción del hidrógeno con el aceite, lo que provoca que aparezca una elevada temperatura. Observando las tablas de esfuerzos permisibles de algunos materiales podemos escoger el más adecuado (Ver Tabla 8).

Dimensiones: La Capacidad del reactor está dada por:

$$M = \frac{\pi D^2 H}{4} \times \rho$$

Haciendo una iteración para varios valores de H, tenemos la siguiente tabla:

| D (m) | H (m) | M (TN) | ρ (TN/m3) |
|-------|-------|---------|----------------|
| 0.94 | 0.80 | 0.50 | 0.9 |
| 0.89 | 0.90 | 0.50 | 0.9 |
| 0.84 | 1.00 | 0.50 | 0.9 |
| 0.80 | 1.10 | 0.50 | 0.9 |
| 0.77 | 1.20 | 0.50 | 0.9 |
| 0.74 | 1.30 | 0.50 | 0.9 |

Escogemos: **D = 0,84 m. H = 1,00 m.**

Un esquema del reactor se muestra en el plano P-2.

Daremos las condiciones para la implementación del reactor:

Material del reactor: Acero inoxidable C304L (recomendado).(Tabla 9)

Presión interna de implementación: $P = P_i + 30 = 100 \text{ psi} + 30 \text{ psi} = 130 \text{ psi}$

(P_i : Presión interna).

Radio interno: $R = 0,84/2 = 0,42 \text{ m} = 16,53''$

Esfuerzo permisible: $S = 34000 \text{ psi}$ (Ver tabla 9).

Eficiencia de junta: $E = 0,85$ (Ver tabla 2) Menos costoso y más efectivo.

Reemplazando en la ecuación:

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$

Se obtiene: $t = 0,074'' = 1,89 \text{ mm}$. Sumando el espesor por corrosión que equivale a $1/16'' = 1,58 \text{ mm}$ nos da un espesor de: $t = 3,47 \text{ mm}$.

Ahora, en la ecuación:

$$t = \frac{PR}{2SE + 0.4P}$$

Se obtiene: $t = 0,037'' = 0,94 \text{ mm}$. Sumando el espesor por corrosión que equivale a $1/16'' = 1,58 \text{ mm}$ nos da un espesor de: $t = 2,52 \text{ mm}$.

De los dos resultados anteriores, en conclusión, el espesor del reactor es mayor de $3,47 \text{ mm}$, podemos tomar 4 mm ($5/32''$) para asegurar.

La tapa semielíptica tendrá un espesor mayor del casco cilíndrico. El procedimiento de cálculo se indica en el anexo VII.

Serpentín de calentamiento de vapor: De acuerdo a las condiciones que se presentan en la reacción exotérmica, el serpentín de vapor debe ser de acero inoxidable C304. La presión de vapor de ingreso es de 3 bar, y la temperatura de vapor de ingreso es de 120 °C. Está ubicado en forma de espiral de 1" concéntrica al reactor, en un diámetro equivalente al radio del reactor, y una altura de la espiral igual a la chaqueta de agua de enfriamiento.

Chaqueta de enfriamiento de agua: Para la chaqueta de enfriamiento de agua, el espesor de la plancha es de 5/32", ésta chaqueta tiene un diámetro de 0,9 m y una altura de 1 m, de acero inoxidable C304.

Motoreductor del agitador: El motoreductor del agitador es enfriado a través de un compresor refrigerado con agua que hace circular un líquido de enfriamiento a través de la chaqueta del motoreductor. Es de 4HP y cuenta con un sello mecánico especial multiresorte doble. Su velocidad alcanza los 150 RPM.

Sistema de soplado de nitrógeno:

El sistema de soplado de nitrógeno permite despejar los vapores y vahos que aparecen luego de la reacción. Se utiliza nitrógeno por ser un gas inerte.

Sistema de inyección de hidrógeno: El sistema de inyección de hidrógeno alimenta de este gas al distribuidor del reactor situado en la parte inferior del casco cilíndrico.

En el anexo VIII se detalla la selección de las paletas del agitador. Tanto el sistema de alimentación de hidrógeno como el sistema de soplado de nitrógeno son explicados en el anexo IX.

En conclusión, las características del reactor son:

- Velocidad del motoreductor: 150 RPM.
- Potencia del motoreductor: 4HP, 440V.
- Temperatura de ingreso de agua para la chaqueta: 30 °C
- Flujo másico de hidrógeno: $0,93 \text{ m}^3/Tn$.
- Presión de ingreso de hidrógeno: 40 psi
- Flujo volumétrico de nitrógeno: 0,1 pies/s.
- Presión de ingreso de nitrógeno: 75 psi
- Presión de implementación interna del tanque: 130 psi
- Temperatura de implementación interna del tanque: 250 °C
- Presión de implementación interna de la chaqueta: 130 psi
- Temperatura de implementación interna de la chaqueta: 250 °C
- Entradas: de aceite 2", hidrógeno ½", vapor 1", agua 2"
- Salidas: de aceite 1", vapor 1", agua 2".
- Diámetro interior: 0,80 m.
- Altura: 1,0 m.

3. TANQUE DE ETAPA NEGRA.

Función: Este tanque recibe el aceite hidrogenado del reactor por gravedad y lo homogeniza con agitación mecánica antes de alimentar por batch a la prensa negra.

Capacidad: Su capacidad depende de la prensa. Consideremos el mismo batch del reactor, es decir 300 kg, entonces sería conveniente que el tanque sea de 1 TN.

Tipo: Es un tanque cilíndrico vertical, con una tapa semiesférica y un fondo cónico. El tanque opera a presión atmosférica ($P = 1 \text{ atm}$).

Entradas y salidas: Existe una entrada de aceite de 2" por la tapa superior y una salida de aceite de 2" inferior, hacia la bomba. Tiene una tapa de inspección estándar, además de una válvula de 2" de purga de aceite en la parte inferior. Además posee una entrada de 1/2" para el sensor de temperatura y de 2" para el control de nivel. También hay un venteo de 1" en la parte superior y además el tanque está provisto de visores a fin de facilitar la inspección rápida del interior del mismo. Para el vacío hay una entrada de 1", y para la chaqueta de calentamiento la entrada es de 1" y la salida es de 3/4", ambas bridadas.

Accesorios: El tanque debe contar con 2 controles de nivel (alto y bajo) y un termómetro local. Los dispositivos de control de nivel son para controlar el proceso de llenado y vaciado del aceite, y el termómetro es para verificar la temperatura interna.

Complementos: El agitador vertical mecánico tiene una velocidad de 60 RPM. Incluye un eje de 2" (fabricado con acero bonificado) provisto de paletas de espesor ¼" de acero al carbono 3/16". El motor es de 2 HP y 440 V.

El tanque debe estar forrado con aislamiento térmico para evitar pérdidas de calor, por ejemplo fibra de vidrio de 2" y plancha de acero inoxidable brillante de 1/40".

Material del tanque: Se sugiere acero estructural A36.

Material de la soldadura: Similar al tanque receptor de calentamiento, se realizó con máquina de soldar eléctrica, utilizando el método SMAW, con electrodo cellocord de 1/8" para el pase raíz o de penetración, electrodo cellocord 3/32" para el pase de relleno, y electrodo overcord 3/32" para el acabado.

Dimensiones: La Capacidad del tanque es:

$$M = \frac{\pi D^2 H}{4} \times \rho$$

Haciendo una iteración para varios valores de H:

| D (m) | H (m) | M (TN) | ρ (TN/m ³) |
|-------|-------|--------|-----------------------------|
| 1.01 | 1.40 | 1.00 | 0.9 |
| 0.97 | 1.50 | 1.00 | 0.9 |
| 0.94 | 1.60 | 1.00 | 0.9 |
| 0.91 | 1.70 | 1.00 | 0.9 |
| 0.89 | 1.80 | 1.00 | 0.9 |
| 0.86 | 1.90 | 1.00 | 0.9 |

Tomemos **D = 0,97 m.** **H = 1,50 m.**

Un esquema del tanque se muestra en el plano P-3.

Para hallar el espesor del tanque:

Material del tanque: Acero al carbono A36 (recomendado).

Presión interna: $P = P_o + 30 = 14,5 \text{ psi} + 30 \text{ psi} = 44,5 \text{ psi}$.

Radio interno: $R = 0,97/2 = 0,485 \text{ m} = 19,09''$.

Esfuerzo permisible: $S = 23184 \text{ psi}$. (Ver Tabla 8).

Eficiencia de junta: $E = 0,85$ (Ver Tabla 2) Menos costoso y más efectivo.

Se aplica:

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$

Resultando: $t = 0,043'' = 1,09 \text{ mm}$. Sumándole por corrosión $1/16''$ (1,58 mm)

resulta $t = 2,67 \text{ mm}$.

Por tanto, un espesor de 3 mm (1/8") es como mínimo. Para mayor seguridad escogemos 3/16". Para el fondo y la tapa utilizaremos también plancha de 3/16".

Chaqueta de vapor: El tanque tiene una chaqueta de vapor para mantener la temperatura del aceite en 85 °C – 90 °C. Para el cálculo de la chaqueta de vapor recurrimos a la Tabla 10.

Se cumple que:

$$q = UA(T - T_o) \dots (4.1.10)$$

Donde **q** es el calor transferido del vapor al aceite, **U** es el coeficiente global de transferencia de calor, **A** es el área de contacto y **(T-To)** es la diferencia de temperaturas entre la chaqueta y el interior del tanque.

Pero el aceite entra a una temperatura muy cerca de los 90 °C, en la recirculación se va enfriando y consideremos que llega a 70 °C, por tanto la diferencia es de 20 °C.

$$q = \dot{m} C_e (T_f - T_i) \dots (4.1.11)$$

La masa de aceite en el tanque es variable, por ejemplo en 4 horas tenemos 1 batch de 300 kg, pero esta cantidad se va consumiendo y en proceso continuo el aceite va recirculando para mantener su temperatura homogénea, así que para el cálculo consideremos que la masa de aceite calentándose es de 600 kg en ½ hora.

Temperatura inicial del aceite (Ti): 70 °C

Temperatura final del aceite (Tf): 90 °C

Calor específico del aceite (Ce): $0,43 \frac{BTU}{lbm^{\circ}F} = 1,8 \frac{KJ}{kg^{\circ}C}$

Considerando que el calentamiento lo hacemos en $\frac{1}{2}$ h (t): 1800 s.

El calor necesario para el aceite sería:

$$q = 12000 \text{ W.}$$

Sabemos que:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h1} + \frac{r1}{k} \ln\left(\frac{r2}{r1}\right)} \dots (4.1.12)$$

Datos:

$k = 56,7 \frac{W}{m^{\circ}K}$ (Acero al carbono A36, 400 °K) (Ver Tabla 14).

$h1 = 339,24 \frac{W}{m^2 \cdot ^{\circ}K}$ (dato anterior)

Reemplazando:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{339,24} + \frac{0,485}{56,7} \ln\left(\frac{r2}{0,46}\right)} = \frac{1}{2,948 \times 10^{-3} + 8,553 \times 10^{-3} \ln\left(\frac{r2}{0,46}\right)}$$

Además: $230 \frac{J}{m^2 \cdot s \cdot ^{\circ}K} < U < 425 \frac{J}{m^2 \cdot s \cdot ^{\circ}K}$ (Tabla 10)

Tenemos que: $0,541 > r2 > 0,429$

Escogemos $r2 = 0,53 \text{ m}$ ($D = 1,06 \text{ m}$), entonces $U = 240,4 \frac{J}{m^2 \cdot s \cdot ^{\circ}K}$.

Igualando $q = 12000$ W con:

$$q = UA(T - T_o)$$

Datos:

$$A = 2\pi \times r_1 \times H = 2 \times 3,1416 \times 0,485 \times H = 3,047 \times H$$

$T = 120$ °C (vapor), $T_o = 70$ °C (aceite)

$$\text{Entonces: } 3,047 \times H = \frac{12000}{240,4 \times 50} = 0,998$$

Resulta: $H = 0,327$ m.

Esto significa que la altura de la chaqueta como mínimo es 33 cm. Por cuestiones de estética y costo, asumimos que $H = 0,7$ m.

En conclusión, la chaqueta de vapor tiene un diámetro de 1,06 m y una altura de 0,7 m, de acero al carbono A36. La chaqueta de vapor también es de 3/16" de espesor.

Selección de los Controles de nivel: Los controles de nivel alto y bajo controlan el nivel del líquido en el tanque, así como el funcionamiento de la bomba de descarga. Se escogen 2 de tipo boya, y conectados a la bomba.

Selección del termómetro: El termómetro ubicado en la parte inferior registra la temperatura interna del tanque en forma continua. Este

termómetro es de 4" de dial, con un rango de 0 °C -150 °C, de bulbo ½" x 4" con termopozo (dispositivo de protección del bulbo debido a la alta temperatura), y de material acero inoxidable.

El operador necesita el registro visual rápido, por tanto se puede escoger un termómetro con cabeza móvil para una fácil inspección.

4. PRENSA NEGRA (FILTRO PRENSA DE CATALIZADOR E IMPUREZAS).

Función: El filtro prensa es un equipo mecánico que consta de un conjunto de placas sólidas entre las que se posicionan otras placas membranas, las cuales llevan unas telas colocadas adecuadamente y que son las que realizan el proceso de filtrado del aceite cuando las atraviesa perpendicularmente, ya que en dichas telas se retienen las partículas que lleva el aceite, en nuestro caso las del catalizador y otras impurezas.

Tipo: Es un filtro prensa horizontal de placas, con accionamiento mecánico.

Características: El filtro tiene un sistema mecánico de apriete de las placas sólidas y placas membranas entre si a través de una volante y un tornillo. Las placas tienen una configuración especial, que son como aletas que van a lo largo de la placa, como se muestra en el plano P-4. Por dichas aletas el

aceite filtrado se desliza hacia un punto común en la parte inferior de la placa, este punto es el colector que permite la salida del aceite.

Capacidad: La capacidad del filtro depende de factores como el número de placas membranas, el mesh (tamaño de los agujeros del enmallado) de la tela filtrante, el tamaño de las placas y de las telas.

Operación: El aceite ocupa el espacio entre las placas y las telas, cuando ocurre la compresión se produce el fenómeno físico de separación. Al abrir nuevamente las placas, las telas contienen las impurezas, claro está existe una traza de aceite que queda con las impurezas, mientras el aceite ya ha sido recuperado. Se retiran las impurezas y las telas son colocadas nuevamente, este proceso se repite unas 10 veces a la semana a producción continua, luego las telas son reemplazadas.

El aceite filtrado se descarga hacia un tanque previo a fin de enviarlo por bombeo hacia el tanque de etapa blanca o de blanqueo.

Un esquema de la prensa se muestra en el plano P-4.

Material: Las placas son de fierro fundido, tanto las sólidas como las membranas. El bastidor esta fabricado con acero estructural.

Dimensiones: Para el implementación de la prensa, consideremos el filtrado de 1 batch, es decir 300 kg., si la densidad del aceite es $0,89 \text{ Tn}/\text{m}^3$,

entonces tenemos un volumen de $0,337 \text{ m}^3$ o 337 litros. La expresión de Hagen – Pouseuille:

$$\frac{1}{A} \frac{dV}{dt} = \frac{P}{\mu \left(\frac{\alpha \omega V}{A} + r \right)} \dots (4.1.13)$$

Donde:

A: Es el área total de filtrado.

V: Es el volumen de filtrado recolectado.

T: Es el tiempo de filtración.

P: Es la presión total ejercida al sistema.

ω : Es el peso de los sólidos/ m^3 filtrado.

μ : Es la viscosidad de filtrado.

α : Es la resistencia específica de las impurezas.

r : Es la resistencia de la tela filtrante más el sistema de drenaje.

Despejando e integrando: $C_1 \frac{V^2}{2} + C_3 + C_2 V = P \times T$

$$V = \frac{-C_2 \pm \sqrt{(C_2)^2 - 2C_1(C_3 - P \times T)}}{C_1}$$

$$C_1 = \frac{\mu \alpha \omega}{A^2}, C_2 = \frac{\mu \times r}{A}, C_3 = cte$$

Dato: $A = 0,62 \text{ m} \times 0,62 \text{ m} = 0,3844 \text{ m}^2$

Los valores de C_1, C_2, C_3 se calculan a partir de muchas pruebas con el equipo. Esto se obtiene haciendo trabajar al equipo y tomando datos experimentales.

Se selecciona una **prensa filtro de placas** porque es el que mejor se comporta con una gran variedad de materiales y fluidos, en comparación con los otros tipos de filtro.

En cuanto a la prensa filtro, las dimensiones son:

Largo total: 2,60 m.

Largo efectivo (placas): 2,24 m.

Ancho total: 0,70 m.

Altura total: 1,20 m.

Placa sólida, placa membrana: 0,62 m x 0,62 m.

Ancho de placa: 0,0425 m.

Nº de placas sólidas: 40

Nº de placas membranas: 41

Nº de placas cabezal: 1

Nº de placas final: 1

Las características de las telas filtrantes y papel de sacrificio se detallan en el anexo XIII.

5. TANQUE DE ETAPA BLANCA O DE BLANQUEO.

Función: Este tanque recibe el aceite ya filtrado en la prensa negra, impulsado por la bomba de la etapa negra. Aquí se adiciona una cantidad determinada de tierra decolorante (Tonsil) para el proceso de blanqueo, acompañada de una agitación mecánica, con la idea de homogenizar la mezcla.

Tipo: Es un tanque cilíndrico vertical de tapa elíptica y fondo cónico.

Entradas y salidas: El tanque cuenta con una entrada de aceite de 1 ½" en la parte superior y una salida de aceite de 2" en la parte inferior. Tiene una tapa de inspección estándar, además de una válvula de 2" de purga de aceite en el cono inferior. Para el serpentín de vapor tiene una entrada y salida, ambos de 1", bridadas. Cuenta con 2 visores que permiten la inspección rápida del interior del tanque. Además tiene una boquilla de ½" para el termómetro y 2 boquillas de 2" para los controles de nivel.

Accesorios: Debe de contar con un dispositivo de control de nivel para controlar el proceso de llenado y vaceado del aceite, y un termómetro para verificar la temperatura interna.

El tanque debe tener un alimentador de tierra, puede ser manual o automático.

Complementarios: El agitador vertical mecánico tiene una velocidad de 60 RPM. Incluye un eje de 2" (fabricado con acero bonificado) provisto de paletas de 2" de acero al carbono 3/16". El motor es de 2HP y 440V. El sello mecánico del agitador es muy similar al utilizado para el tanque de etapa negra.

Este tanque debe estar forrado con aislamiento térmico para evitar pérdidas de calor, por ejemplo fibra de vidrio de 2" y plancha de acero inoxidable brillante de 1/40". La tubería de ingreso de vapor debe estar forrada con fibra de vidrio media caña de 2" y plancha de acero inoxidable brillante de 1/40".

A la salida del tanque se instala una bomba que transporta el aceite hacia la Prensa de la Etapa Blanca.

Material: Consideremos como material acero estructural A36.

Capacidad: Su capacidad debe ser a lo más de 500 kg, para que sólo entre 1 batch, ya que no es un tanque homogenizador y la carga debe entrar y salir continuamente. La cantidad de tierra decolorante que se utiliza es de 3Kg/batch (1%).

Dimensiones: La Capacidad del tanque es:

$$M = \frac{\pi D^2 H}{4} \times \rho$$

Haciendo una iteración para varios valores de H:

| D (m) | H (m) | M (TN) | ρ (TN/m3) |
|-------|-------|---------|----------------|
| 0.84 | 1.00 | 0.50 | 0.9 |
| 0.80 | 1.10 | 0.50 | 0.9 |
| 0.77 | 1.20 | 0.50 | 0.9 |
| 0.74 | 1.30 | 0.50 | 0.9 |
| 0.71 | 1.40 | 0.50 | 0.9 |
| 0.69 | 1.50 | 0.50 | 0.9 |
| 0.66 | 1.60 | 0.50 | 0.9 |
| 0.65 | 1.70 | 0.50 | 0.9 |
| 0.63 | 1.80 | 0.50 | 0.9 |

Escogemos: **D = 0,77 m, H = 1,20 m**

Un esquema del tanque se muestra en el plano P-5.

Para hallar el espesor del tanque:

Material del tanque: Acero al carbono A36 (recomendado).

Presión interna: $P = P_o + 30 = 14,5 \text{ psi} + 30 \text{ psi} = 44,5 \text{ psi}$

Radio interno: $R = 0,77/2 = 0,385 \text{ m} = 15,16''$.

Esfuerzo permisible: $S = 23184 \text{ psi}$. (Ver Tabla 8).

Eficiencia de junta: $E = 0,85$ (Ver Tabla 2) Menos costoso y más efectivo.

Se aplica:

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$

Resultando: $t = 0,034'' = 0,87 \text{ mm}$. Sumándole por corrosión $1/16''$ (1,58 mm)

resulta $t = 2,45 \text{ mm}$.

Por tanto, un espesor de 3 mm (1/8") es como mínimo. Para mayor seguridad escogemos 3/16". Para el fondo y la tapa utilizaremos también plancha de 3/16".

Cálculo del serpentín de vapor:

Calor ganado por el aceite:

Masa de aceite (M): 500 kg

Temperatura inicial del aceite (Ti): 40 °C

Temperatura final del aceite (Tf): 60 °C

Calor específico del aceite (Ce): $0,43 \frac{BTU}{lbm^{\circ}F} = 1,8 \frac{KJ}{kg^{\circ}C}$

Considerando que el calentamiento lo hacemos en 1/2 h (t): 1800 s.

El calor necesario para el aceite sería:

$$q = \frac{M C_e (T_f - T_i)}{t}$$

Lo que nos da **q = 10 kW = 10000 W.**

Calor perdido por el serpentín de vapor:

De la Tabla 7 vemos que los rangos del coeficiente global de transferencia de calor para un serpentín vapor - aceite vegetal es:

$$U = 39 \left(\frac{BTU}{h - pie^2 \circ F} \right) - 72 \left(\frac{BTU}{h - pie^2 \circ F} \right) = 221,4 \left(\frac{W}{m^2 \circ K} \right) - 408,8 \left(\frac{W}{m^2 \circ K} \right) \dots (4.1.14)$$

Sabiendo que la pérdida de calor es:

$$q = UA(T_i - T_e), q = 10000W... (4.1.15)$$

Además, $T_i - T_e = 393 \text{ °K} - 313 \text{ °K} = 80 \text{ °K}... (4.1.16)$

Según (4.1.13), (4.1.14) y (4.1.15) el valor de A estaría en el rango de:

$$A = 0,564m^2 - 0,305m^2$$

Tendríamos la siguiente tabla de iteración, utilizando los datos de la Tabla 6:

$$A = 0,564m^2 - 0,305m^2$$

| Do | De (m) | A2 (m2) | A3(m2) | A4 (m2) | A5 (m2) | A6 (m2) |
|------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|
| 1/2" | 0.0231 | 0.1451 | 0.2177 | 0.2903 | 0.3629 | 0.4354 |
| 3/4" | 0.0267 | 0.1678 | 0.2516 | 0.3355 | 0.4194 | 0.5033 |
| 1" | 0.0334 | 0.2099 | 0.3148 | 0.4197 | 0.5246 | 0.6296 |
| 1.5" | 0.0483 | 0.3035 | 0.4552 | 0.6070 | 0.7587 | 0.9104 |
| 2" | 0.0603 | 0.3789 | 0.5683 | 0.7578 | 0.9472 | 1.1366 |

Este tanque tiene un serpentín de vapor, una entrada de vapor de 1" con válvula de corte y una salida de vapor – condensado de 1" también con su conjunto filtro-trampa-visor. Tiene una longitud de 5 m, y es de acero inoxidable C304.

El tanque de blanqueo está diseñado para trabajar a presión atmosférica, por tanto se emplea los mismos criterios de implementación que se utilizaron para el tanque de etapa negra.

Por tanto, el espesor del tanque es de 3/16", tanto para la parte cilíndrica como para el fondo cónico. Para la tapa elíptica el espesor también es de 3/16" (Ver anexo VII).

Selección del termómetro: La máxima temperatura del aceite estaría en los 50°C, por lo tanto el rango elegido sería 0 °C-100 °C. El tanque tiene una plancha de 3/16" de espesor, por tanto el bulbo sería de 1/2" x 4". El fluido es aceite vegetal, por tanto debe ser de acero inoxidable. El operador necesita el registro visual rápido, por tanto se puede escoger un termómetro de dial 4" con cabeza móvil para una fácil inspección. Debe incluir un termopozo si fuese posible.

Selección del control de nivel: Los controles de nivel alto y bajo controlan el nivel del líquido en el tanque, así como el funcionamiento de la bomba de descarga. Se escogen 2 de tipo boya, y conectados a la bomba.

Soldadura del tanque: La soldadura del tanque se realizó con máquina de soldar eléctrica, utilizando el método SMAW, con electrodo cellocord de 1/8" para el pase raíz o de penetración, electrodo cellocord 3/32" para el pase de relleno, y electrodo overcord 3/32" para el acabado.

Algunas observaciones y recomendaciones para la soldadura del tanque se especifican en el anexo III.

6. PRENSA BLANCA (FILTRO PRENSA DE IMPUREZAS).

De similares principios que la prensa negra, cuyo objetivo es separar las trazas de catalizador, tierra decolorante y otras impurezas presentes en el aceite hidrogenado. Para la implementación podemos considerar a la prensa blanca igual que la prensa negra.

7. TANQUE RECEPTOR DE ACEITE HIDROGENADO.

Función: Este tanque recibe por gravedad el aceite que pasó por la prensa blanca y lo almacena a temperatura constante, para ello tiene un serpentín de vapor y una bomba de descarga.

Tipo: Es un tanque cilíndrico vertical de tapa plana y fondo plano.

Entradas y salidas: Consta de una entrada superior de aceite de 1 ½", una salida de 2" en la parte inferior, una entrada de inspección (manhole estándar) ubicada en la parte superior, una boquilla de ½" para el termómetro y una boquilla de 2" para el control de nivel.

Capacidad: Consideremos que la capacidad del tanque es de 3 TN.

Accesorios: Debe de contar con un dispositivo de control de nivel para controlar el proceso de llenado y vaciado del aceite, y un termómetro para verificar la temperatura interna.

Complementarios: La temperatura debe mantenerse a 45 °C – 50 °C. Para ello es necesario que el tanque este forrado, por ejemplo con fibra de vidrio de 2" y plancha de acero inoxidable brillante de 1/40", y evitar las pérdidas de calor. La tubería de ingreso de vapor debe estar forrado con fibra de vidrio media caña de 2" y plancha de acero inoxidable brillante de 1/40".

Material: En cuanto al material del tanque consideremos acero estructural A36.

Dimensiones: La Capacidad del tanque es:

$$M = \frac{\pi D^2 H}{4} \times \rho$$

Haciendo una iteración para varios valores de H:

| D (m) | H (m) | M (TN) | ρ (TN/m3) |
|-------|-------|---------|----------------|
| 1.54 | 1.80 | 3.00 | 0.9 |
| 1.46 | 2.00 | 3.00 | 0.9 |
| 1.39 | 2.20 | 3.00 | 0.9 |
| 1.33 | 2.40 | 3.00 | 0.9 |
| 1.28 | 2.60 | 3.00 | 0.9 |
| 1.23 | 2.80 | 3.00 | 0.9 |

Escogemos **D = 1,33 m. H = 2,40 m.**

Un esquema del tanque se muestra en el plano P-6.

Para hallar el espesor del tanque:

Material del tanque: Acero al carbono A36 (recomendado).

Presión interna: $P = P_o + 30 = 14,5\text{psi} + 30\text{psi} = 44,5\text{ psi}$

Radio interno: $R = 1,33/2 = 0,665\text{ m} = 26,18''$.

Esfuerzo permisible: $S = 23184\text{ psi}$.

Eficiencia de junta: $E = 0,85$ (Ver Tabla 2) Menos costoso y más efectivo.

Se aplica:

$$t = \frac{PR}{SE - 0,6P}$$

Resultando: $t = 0,059'' = 1,50\text{ mm}$.

Sumando el espesor por corrosión que equivale a $1/16'' = 1,58\text{ mm}$ nos da un espesor de: $t = 3,08\text{ mm}$ ($1/8'' = 3,175\text{ mm}$).

Entonces, para asegurar podemos considerar el espesor de $3/16''$, tanto para el cuerpo como para el fondo y la tapa.

El procedimiento para el cálculo del serpentín es el mismo que se utilizó para el del tanque receptor de calentamiento inicial. Por tanto, se concluye que dicho serpentín es de $D = 1''$ y $L = 6\text{ m}$, de material acero inoxidable C304.

Selección del termómetro: La máxima temperatura del aceite estaría en los 50 °C, por lo tanto el rango elegido sería 0 °C -100 °C. El tanque tiene una plancha de 3/16" de espesor, por tanto el bulbo sería de 1/2" x 4". El fluido es aceite vegetal, por tanto debe ser de acero inoxidable. El operador necesita el registro visual rápido, por tanto se puede escoger un termómetro de dial 4" con cabeza móvil para una fácil inspección. Debe incluir un termopozo si fuese posible.

Selección del control de nivel: Los controles de nivel alto y bajo controlan el nivel del líquido en el tanque, así como el funcionamiento de la bomba de descarga. Se escogen 2 de tipo boya, y conectados a la bomba.

Soldadura del tanque: La soldadura del tanque se realizó con máquina de soldar eléctrica, utilizando el método SMAW, con electrodo cellocord de 1/8" para el pase raíz o de penetración, electrodo cellocord 3/32" para el pase de relleno, y electrodo overcord 3/32" para el acabado.

Algunas observaciones y recomendaciones para la soldadura del tanque se especifican en el anexo III.

8. DESODORIZADOR PILOTO.

El Desodorizador Piloto se adquirió de la Empresa:

“Vácuo Técnica Indústria Comércio Importação e Exportação de Equipamentos Industriais Ltda.”

Dirección: Rua General Mourão Filho, 902 - Capuan – Caucaia – CE. – Cep.: 61.615-370.

E-mail.: emaf@roadnet.com.br ou carlosnapra@fortalnet.com.br

Fone.: + 55 85 3342 2438 Fax.: + 55 85 3342955

CNPJ 07.739.107/0001-03 CGF 06.189.172-0

Función: Es un equipo que utiliza el vapor seco para inyectarlo directamente al aceite y eliminar los ácidos grasos, causantes del olor rancio del aceite.

Capacidad: El Desodorizador es un equipo con capacidad nominal de 500 kg/día a 2000 kg/día. Para nuestro proyecto la capacidad es de 6 batch de 300 kg al día.

Características: Está montado en un bastidor de suelo de acero inoxidable que también aloja el equipo de recuperación de ácidos grasos. Contiene un tubo especial de distribución de vapor que permite el mezclado a fondo de vapor y aceite que el proceso requiere. El método usado para eliminarlos es la destilación al vacío con vapor. Unas bandejas dispuestas adecuadamente

hacen posible el borboteo del aceite con el vapor, pasando este de una bandeja a otra. Para la entrada del aceite hidrogenado se tienen 3 intercambiadores de calor tubulares cuya función es elevar la temperatura de ingreso del aceite al Desodorizador y enfriarlo a la salida del mismo. El primer intercambiador calienta el aceite hidrogenado con el aceite desodorizado que esta saliendo del equipo, el segundo calienta aun más el aceite hidrogenado con aceite térmico (hasta los 290 °C), y el tercero enfría el aceite desodorizado (luego que pasó por el primer intercambiador) utilizando agua fría a 30 °C. La cámara de vacío está conectada con el Desodorizador a través de un ducto, aquí se recogen los ácidos grasos producto del borboteo, y se enfrían recirculando el ácido con una bomba y paralelamente con un serpentín de enfriamiento, para luego ser distribuidos a otros procesos.

Entradas y salidas: Tiene una entrada de aceite de 1" y una salida de aceite de 1" ambas bridadas. El vacío tiene una entrada bridada de 10" por la parte superior de la cámara de vacío. En la recirculación de los ácidos grasos es necesario tener una entrada y salida de ácidos grasos, estas son de 1" bridadas. Los dos visores de inspección son de 4". Para el vapor seco presenta 2 entradas de ½" y 1 salida de 2" bridadas. Además, se identifican 2 tomas de ¼" para la entrada y salida del flujómetro a instalar. La entrada y salida del serpentín son bridadas. Todas las conexiones de entrada y salida de los intercambiadores son de 1" bridadas.

Material: El material para todo el equipo es acero inoxidable C304, las bridas son ANSI 16.5 150#.

Dimensiones: El equipo esta diseñado utilizando los procedimientos de la norma ASME Secc. VIII Div. 1, de la siguiente manera:

Cilindro:

Presión interna: 2 kgf/cm^2 .

Temperatura interna: 300 °C.

Presión externa: 1 kgf/cm^2 .

Margen de corrosión: 0,20 mm.

Diámetro interno del cilindro: 791 mm.

Momento de Inercia mínimo: $5,97 \text{ cm}^4$.

Distancia entre anillos: 1200 mm.

Área de sección/plancha: $0,43 \text{ cm}^2$

Espesor nominal: 4,75 mm.

Eficiencia de soldadura: 0,75.

Momento de Inercia del anillo/plancha: $5,20 \text{ cm}^4$.

Material: A283.

Cuerpo de la brida:

Espesor Mínimo Requerido (T): 30,60 mm.

Diámetro Externo de brida (A): 890 mm.

Diámetro Interno de brida (B): 804 mm.

Diámetro de agujeros de brida (C): 858 mm.

Diámetro Externo de junta (d_o): 832 mm.

Diámetro Interno de junta (d_i): 819,30 mm.

Ancho mínimo de junta (N): 1/4 ".

Espesor de junta (u): 1,50 mm.

Número Requerido de pernos (n): 28.

Diámetro Requerido de pernos (O_e): 1/2".

Diámetro de los agujeros de los pernos (O_f): 5/8".

Altura de cordón de soldadura de brida /cuello (h): 5/16".

Espesor Requerido para brida ciega (T_c): 21,77 mm.

Tanque recuperador de destilados (ácidos grasos)

Presión interna: 2 kgf/cm^2 .

Temperatura interna: 300 °C.

Presión externa: 1 kgf/cm^2 .

Margen de corrosión: 0,20 mm.

Diámetro Interno: 633 mm.

Eficiencia de la Soldadura: 0,70.

Distancia entre anillos: 1250 mm.

Material: A240 - C304.

Cuerpo de la brida:

Espesor Mínimo Requerido: 26,60 mm.

Diámetro Externo de la brida: 725 mm.

Diámetro Interno de la brida: 642 mm.

Diámetro entre agujeros de la brida: 693 mm.

Diámetro Externo de junta: 667 mm.

Diámetro Interno de junta: 654 mm.

Ancho mínimo de junta: 1/4".

Espesor de junta: 3 mm.

Número Requerido de pernos: 28.

Diámetro Requerido de pernos: 1/2"

Diámetro de agujeros para los pernos: 5/8"

Altura del cordón de soldadura de la brida/cuello: 3/16"

Espesor Requerido para brida ciega: 16 mm.

El Desodorizador piloto tiene además éstas características:

Presión de vacío: 1 torr – 5 torr.

Fluido de calentamiento: Aceite térmico a 290 °C

Temperatura de agua de enfriamiento: máxima 32 °C.

Flujo másico de vapor directo (seco): 1 kg/h – 5 kg/h

Presión de vapor directo: 1 kgf/cm^2 - 7 kgf/cm^2

Temperatura interna: 300 °C

Presión interna: 2 kgf/cm^2

Material: acero inoxidable.

Diámetro: 791 mm.

Altura total: 3,6 m.

Espesor de cuerpo: 3/16".

Diámetro de bandeja: 634 mm.

Espesor de bandeja: 2 mm (SS304).

Volumen útil de bandeja: 47 litros.

Un esquema del Desodorizador se muestra en el plano P-7.

La tubería de ingreso de vapor debe estar forrada con fibra de vidrio media caña de 1 ½” y plancha de acero inoxidable brillante de 1/40”. Las tuberías que entran y salen de los intercambiadores de aceite hidrogenado-aceite desodorizado y aceite hidrogenado-aceite térmico también deben estar forradas con fibra de vidrio media caña de 2” y plancha de acero inoxidable brillante de 1/40”.

9. TANQUE RECEPTOR DE ÁCIDOS GRASOS.

Función: El tanque receptor de ácidos grasos recibe y almacena los ácidos grasos provenientes de la desodorización del aceite hidrogenado.

Tipo: El tanque es de cuerpo cilíndrico, vertical, con tapa esférica y fondo plano.

Características: Tiene instalado un serpentín de vapor, ubicado en el fondo plano del tanque, con el objetivo de subir la temperatura de los ácidos grasos hasta que tengan la temperatura adecuada para que puedan ser bombeados.

Entradas y salidas: Este tanque presenta una entrada superior de ingreso de ácido graso de 1" y una salida inferior de 2", ambas bridadas. La tapa esférica también es bridada. Además presenta una boquilla lateral de ½" para el termómetro, y dos de 2" para el control de nivel alto y bajo.

Accesorios: Debe de contar con un dispositivo de control de nivel para controlar el proceso de llenado y vaciado de los ácidos grasos, y un termómetro para verificar la temperatura interna.

Complementarios: La temperatura debe mantenerse a 45 °C – 50 °C. Para ello es necesario que el tanque este forrado, por ejemplo con fibra de vidrio de 2" y plancha de acero inoxidable brillante de 1/40", y evitar las pérdidas de calor. La tubería de vapor que alimenta al serpentín está forrada con fibra de vidrio media caña de 2" y plancha de acero inoxidable brillante de 1/40".

Material: En cuanto al material del tanque consideremos acero estructural A36.

Capacidad: Consideremos que la capacidad del tanque es de 0,2 TN.

Dimensiones: La Capacidad del tanque es:

$$M = \frac{\pi D^2 H}{4} \times \rho$$

Haciendo una iteración para varios valores de H:

| D (m) | H (m) | M (TN) | ρ (TN/m3) |
|-------|-------|---------|----------------|
| 0.77 | 0.50 | 0.20 | 0.85 |
| 0.71 | 0.60 | 0.20 | 0.85 |
| 0.65 | 0.70 | 0.20 | 0.85 |
| 0.61 | 0.80 | 0.20 | 0.85 |
| 0.58 | 0.90 | 0.20 | 0.85 |
| 0.55 | 1.00 | 0.20 | 0.85 |
| 0.52 | 1.10 | 0.20 | 0.85 |
| 0.50 | 1.20 | 0.20 | 0.85 |
| 0.48 | 1.30 | 0.20 | 0.85 |

(Densidad del acido graso: $\rho = 0,85 \text{ Tn}/\text{m}^3$)

Escogemos: **D = 0,55 m. H = 1,0 m.**

Un esquema del tanque se muestra en el plano P-8.

Para hallar el espesor del tanque:

Material del tanque: Acero al carbono A36 (recomendado)

Presión interna: $P = P_o + 30 = 14,5 \text{ psi} + 30 \text{ psi} = 44,5 \text{ psi}$

Radio interno: $R = 0,55/2 = 0,275 \text{ m} = 10,83''$.

Esfuerzo permisible: $S = 23184 \text{ psi}$.

Eficiencia de junta: $E = 0,85$ (Ver Tabla 2) Menos costoso y más efectivo.

Se aplica:

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$

Resultando: $t = 0,024'' = 0,62 \text{ mm}$

Sumando el espesor por corrosión que equivale a $1/16'' = 1,58$ mm nos da un espesor de: $t = 2,20$ mm ($3/32'' = 2,38$ mm).

Entonces, podemos considerar el espesor de $1/8''$, tanto para el cuerpo como para el fondo y la tapa.

El procedimiento para el cálculo del serpentín es el mismo que se utilizó para el del tanque receptor de calentamiento inicial.

Calor ganado por el ácido graso:

Masa de ácido graso (M): 200 kg

Temperatura inicial del ácido (Ti): 40 °C

Temperatura final del ácido (Tf): 50 °C

Calor específico del ácido graso (Ce): $2,1 \frac{KJ}{kg^{\circ}C}$ (Estimado).

Considerando que el calentamiento lo hacemos en $\frac{1}{2}$ h (t): 1800 s.

El calor necesario para el ácido graso sería:

$$q = \frac{MCe(Tf - Ti)}{t}$$

Lo que nos da **q = 2 kW = 2000 W.**

Calor perdido por el serpentín de vapor:

De la Tabla 7 vemos que los rangos del coeficiente global de transferencia de calor para un serpentín vapor – ácido graso es:

$$U = 96 \left(\frac{BTU}{h - pie^2 \circ F} \right) - 100 \left(\frac{BTU}{h - pie^2 \circ F} \right) = 544,32 \left(\frac{W}{m^2 \circ K} \right) - 567 \left(\frac{W}{m^2 \circ K} \right) \dots (4.1.17)$$

El material que recomienda la tabla para el serpentín es cobre.

Sabiendo que la pérdida de calor es:

$$q = UA(T_i - T_e), q = 2000 \text{ W} \dots (4.1.18)$$

$$\text{Además, } T_i - T_e = 393 \text{ °K} - 313 \text{ °K} = 80 \text{ °K} \dots (4.1.19)$$

Según (4.1.17), (4.1.18) y (4.1.19) el valor de A estaría en el rango de:

$$A = 0,044m^2 - 0,046m^2$$

Tendríamos la siguiente tabla de iteración, utilizando los datos de la Tabla 12.

$$A = 0,044m^2 - 0,046m^2$$

| Do | De (mm) | Di (mm) | A2 (m2) | A3(m2) | A4 (m2) | A5 (m2) | A6 (m2) |
|-------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| 1/4" | 6 | 4.8 | 0.0302 | 0.0452 | 0.0603 | 0.0754 | 0.0905 |
| 5/16" | 8 | 6.8 | 0.0427 | 0.0641 | 0.0855 | 0.1068 | 0.1282 |
| 3/8" | 10 | 8.8 | 0.0553 | 0.0829 | 0.1106 | 0.1382 | 0.1659 |
| 1/2" | 12 | 10.8 | 0.0679 | 0.1018 | 0.1357 | 0.1696 | 0.2036 |

Entonces para una tubería de 6 mm y una longitud de 3 m se cumplen las condiciones.

Por tanto, se concluye que dicho serpentín es de D = 6 mm y L = 3 m, de material cobre.

El procedimiento de cálculo de la tapa semiesférica se indica en el anexo VII.

Selección del termómetro: La máxima temperatura del ácido graso estaría en los 50 °C, por lo tanto el rango elegido sería 0 °C -100 °C. El tanque tiene una plancha de 1/8" de espesor, por tanto el bulbo sería de 1/2" x 4". El fluido es ácido graso, por tanto el bulbo debe ser de acero inoxidable. El operador necesita el registro visual rápido, por tanto se puede escoger un termómetro de dial 4" con cabeza móvil para una fácil inspección. Debe incluir un termopozo si fuese posible.

Selección del control de nivel: Los controles de nivel alto y bajo controlan el nivel del líquido en el tanque, así como el funcionamiento de la bomba de descarga. Se escogen 2 de tipo boya inoxidables, y conectados a la bomba.

Soldadura del tanque: La soldadura del tanque se realizó con máquina de soldar eléctrica, utilizando el método SMAW, con electrodo cellocord de 1/8" para el pase raíz o de penetración, electrodo cellocord 3/32" para el pase de relleno, y electrodo overcord 3/32" para el acabado.

Algunas observaciones y recomendaciones para la soldadura del tanque se especifican en el anexo III.

10. TANQUE RECEPTOR Y HOMOGENIZADOR DE ACEITE **DESODORIZADO.**

Función: Este tanque recibe el aceite hidrogenado y desodorizado para homogenizarlo con agitación mecánica antes de ser bombeado al área de Fraccionamiento.

Capacidad: Su capacidad es de 5 TN, debido a que el tanque es capaz de almacenar las producciones anteriores a fin de organizar la salida del producto de acuerdo a los pedidos de fabricación de chocolate.

Tipo: Es un tanque cilíndrico vertical, con una tapa plana y un fondo cónico. El tanque opera a presión atmosférica ($P = 1 \text{ atm}$).

Entradas y salidas: Existe una entrada de aceite de 1 ½" por la tapa superior y una salida de aceite de 2" inferior, hacia la bomba. Tiene una tapa de inspección estándar de 508 mm, además de una válvula de 2" de purga de aceite en la parte inferior. Además posee una entrada de ½" para el sensor de temperatura y dos de 2" para el control de nivel alto y bajo. También hay un venteo de 1" en la parte superior. Para la chaqueta de calentamiento la entrada es de 1" y la salida es de ¾", ambas bridadas.

Accesorios: El tanque debe contar con 1 control de nivel (alto) y un termómetro local. Los dispositivos de control de nivel son para controlar el

proceso de llenado y vaciado del aceite, y el termómetro para verificar la temperatura interna.

Complementos: El agitador horizontal mecánico tiene una velocidad de 90 RPM. Incluye un eje de 2" (fabricado con acero bonificado) provisto de paletas de espesor ¼" de acero inoxidable 3/16". El motor es de 3HP y 440V.

El tanque debe estar forrado con aislamiento térmico para evitar pérdidas de calor, por ejemplo fibra de vidrio de 2" y plancha de acero inoxidable brillante de 1/40".

Material del tanque: Se sugiere acero estructural A36.

Material de la soldadura: Se realizó con máquina de soldar eléctrica, utilizando el método SMAW, con electrodo cellocord de 1/8" para el pase raíz o de penetración, electrodo cellocord 3/32" para el pase de relleno, y electrodo overcord 3/32" para el acabado.

Dimensiones: La Capacidad del tanque es:

$$M = \frac{\pi D^2 H}{4} x \rho$$

Haciendo una iteración para varios valores de H:

| D (m) | H (m) | M (TN) | ρ (TN/m ³) |
|-------|-------|---------|-----------------------------|
| 1.88 | 2.00 | 5.00 | 0.9 |
| 1.68 | 2.50 | 5.00 | 0.9 |
| 1.54 | 3.00 | 5.00 | 0.9 |
| 1.42 | 3.50 | 5.00 | 0.9 |
| 1.33 | 4.00 | 5.00 | 0.9 |
| 1.25 | 4.50 | 5.00 | 0.9 |

Tomemos **D = 1,54 m.** **H = 3,00 m.**

Un esquema del tanque se muestra en el plano P-9.

Para hallar el espesor del tanque:

Material del tanque: Acero al carbono A36 (recomendado).

Presión interna: $P = P_o + 30 = 14,5 \text{ psi} + 30 \text{ psi} = 44,5 \text{ psi}$

Radio interno: $R = 1,33/2 = 0,665 \text{ m} = 26,18''$.

Esfuerzo permisible: $S = 23184 \text{ psi}$. (Ver Tabla 8).

Eficiencia de junta: $E = 0,85$ (Ver Tabla 2) Menos costoso y más efectivo.

Se aplica:

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$

Resultando: $t = 0,059'' = 1,50 \text{ mm}$. Sumándole por corrosión $1/16''$ (1,58 mm)

resulta $t = 3,08 \text{ mm}$.

Por tanto, un espesor de 3 mm ($1/8''$) es como mínimo. Para mayor seguridad escogemos $3/16''$. Para el fondo y la tapa utilizaremos también plancha de $3/16''$.

Chaqueta de vapor: El tanque tiene una chaqueta de vapor para mantener la temperatura del aceite en 55 °C – 60 °C. Para el cálculo de la chaqueta de vapor recurrimos a la Tabla 10.

Se cumple que:

$$q = UA(T - T_o) \dots (4.1.20)$$

Donde **q** es el calor transferido del vapor al aceite, **U** es el coeficiente global de transferencia de calor, **A** es el área de contacto y **(T-To)** es la diferencia de temperaturas entre la chaqueta y el interior del tanque.

Pero el aceite entra a una temperatura muy cerca de los 30 °C, con el calentamiento consideremos que llega a 50 °C, por tanto la diferencia es de 20 °C.

$$q = \dot{m} C_e (T_f - T_i)$$

Para el cálculo consideremos que la masa de aceite calentándose es de 3TN.

Temperatura inicial del aceite (Ti): 30 °C

Temperatura final del aceite (Tf): 50 °C

Calor específico del aceite (Ce): $0,43 \frac{BTU}{lbm^\circ F} = 1,8 \frac{KJ}{kg^\circ C}$

Considerando que el calentamiento lo hacemos en ½ h (t): 3600 s.

El calor necesario para el aceite sería:

$$q = 30000 \text{ W.}$$

Sabemos que:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{r_1}{k} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \dots (4.1.21)$$

Datos:

$$k = 56,7 \frac{W}{m \cdot K} \text{ (Acero al carbono A36)}$$

$$h_1 = 339,24 \frac{W}{m^2 \cdot K} \text{ (Dato anterior)}$$

Reemplazando en (4.1.21):

$$U = \frac{1}{\frac{1}{339,24} + \frac{0,63}{56,7} \ln\left(\frac{r_2}{0,63}\right)} = \frac{1}{2,948 \times 10^{-3} + 11,11 \times 10^{-3} \ln\left(\frac{r_2}{0,63}\right)}$$

$$\text{Además: } 230 \frac{J}{m^2 \cdot s \cdot K} < U < 425 \frac{J}{m^2 \cdot s \cdot K} \text{ (Tabla 10)}$$

$$\text{Tenemos que: } 0,714 > r_2 > 0,597$$

Escogemos $r_2 = 0,68 \text{ m}$ ($D = 1,36 \text{ m}$), entonces $U = 263,4$.

Igualando $q = 30000 \text{ W}$ con (4.1.20):

$$q = UA(T - T_o)$$

Datos:

$$A = 2\pi \times r_1 \times H = 2 \times 3,1416 \times 0,63 \times H = 3,96 \times H$$

$T = 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor), $T_o = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (aceite)

$$\text{Entonces: } 3,96 \times H = \frac{30000}{263,4 \times 90} = 1,266$$

Resulta: $H = 0,320\text{ m}$.

Esto significa que la altura de la chaqueta como mínimo es 32 cm. Por cuestiones de estética y costo, asumimos que $H = 1\text{ m}$.

En conclusión, la chaqueta de vapor tiene un diámetro de 1,36 m y una altura de 1 m, de acero al carbono A36. La chaqueta de vapor también es de 3/16" de espesor.

Selección de los Controles de nivel: Los controles de nivel alto y bajo controlan el nivel del líquido en el tanque, así como el funcionamiento de la bomba de descarga. Se escogen 2 inoxidable de tipo boya, y conectados a la bomba.

Selección del termómetro: El termómetro ubicado en la parte inferior registra la temperatura interna del tanque en forma continua. Este termómetro es de 4" de dial, con un rango de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, de bulbo $\frac{1}{2}\text{''} \times 4\text{''}$ con termopozo (debido a la alta temperatura), y de material acero inoxidable. El operador necesita el registro visual rápido, por tanto se puede escoger un termómetro con cabeza móvil para una fácil inspección.

4.2 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES SECUNDARIOS.

1. TUBERÍAS.

El cálculo de las tuberías requiere conocer los parámetros de operación de los equipos y los del proceso. Además es necesario conocer la ubicación de los equipos que se van a conectar, las trayectorias y distancias más adecuadas. Para ello tenemos que confeccionar un plano de ubicación y distribución general de los equipos.

Para la implementación consideramos:

A. Líneas de aceite:

Presión: 2 bar

Temperatura: 45 °C

Caudal: 15 m^3/h

De la tabla de materiales escogemos el material SS304 (acero inoxidable calidad 304).

Las líneas de aceite están instaladas en:

El tanque receptor: entrada 1 ½", salida 2".

En el reactor: entrada 2", salida 1".

En los tanques de etapa negra y blanca: entrada 1 ½", salida 2".

En las prensas negra y blanca: entrada 2", salida a través de una boquilla de ½" por cada placa, y el aceite es recogido a través de una bandeja.

En el tanque de aceite hidrogenado: entrada 2", salida 2".

En el Desodorizador: entrada 1", salida 1".

En el tanque homogenizador de aceite desodorizado: entrada 1 ½", salida 2".

En todas las bombas: succión 1", salida 1 ½".

La línea principal de aceite blanqueado-fraccionado proviene del área de Fraccionamiento, el aceite es denominado "estearina de palmiste".

B. Líneas de vapor:

Presión: 3 bar.

Temperatura: 110 °C

Flujo: 0,2 TN/h

De la tabla de materiales (anexo XV) escogemos el material A381.

Las líneas de vapor están instaladas en:

El serpentín del reactor: entrada 1", salida 1".

La chaqueta del tanque de etapa negra: entrada 1", salida 1"

En el tanque homogenizador de aceite desodorizado: entrada 1", salida 1".

En los serpentines de varios tanques: entrada 1", salida 1". A la salida se reduce a ¾".

Todas las líneas de vapor parten de una línea principal de vapor, de diámetro 2", que proviene de una reductora de presión la cual baja de 17 bar hasta 3 bar. La reductora recibe el vapor del caldero que suministra a otros procesos de la planta.

C. Líneas de aire:

Presión: 7 bar.

Temperatura: 30 °C.

De la tabla de materiales escogemos el material A381.

Las líneas de aire están instaladas en:

La salida del reactor: para la electroválvula neumática. La línea es de ½" y la manguera es de 6 mm. La línea principal de aire es de 1".

Los controles de nivel (alto y bajo) que enlazan las bombas, adicionalmente se auxilian de válvulas con actuador neumático. En nuestro caso las válvulas no tienen actuadores.

La línea principal de aire proviene de una estación de aire comprimido cuya presión de salida es de 7 bar. La caída de presión es mínima, ya que en la línea principal el aire está a una presión de 6,9 bar.

D. Líneas de agua:

Las líneas de agua están instaladas en:

El reactor: para la chaqueta de enfriamiento, es de 1" de acero inoxidable.

El Desodorizador: para el intercambiador de calor de tubos a la salida del aceite desodorizado. Es de acero al carbono, de 1". También el serpentín de enfriamiento de ácidos grasos del Desodorizador necesita una línea de alimentación de agua de 1".

Todas las líneas de agua parten de una línea principal de agua, de diámetro 2". Esta agua se denomina agua industrial. Es suministrada por la planta, gracias a la torre de enfriamiento que abastece a otros procesos.

Un esquema de la instalación de líneas se muestra en P-10.

2. ESTRUCTURA

El cálculo de la estructura requiere conocer la disposición de los equipos, sus pesos correspondientes, la disposición de plataformas, barandas, y escaleras (Ver anexos IV y V).

Pesos de los equipos:

Tenemos los pesos estimados de los equipos:

| Ítem | Descripción | Capacidad (TN) | Peso de equipo (TN) | Peso neto total (TN) |
|------|---|----------------|---------------------|----------------------|
| 1 | Tanque receptor de aceite blanqueado-fraccionado de palmiste. | 2,00 | 0,50 | 2,50 |
| 2 | Reactor piloto de hidrogenación. | 0,50 | 1,50 | 2,00 |
| 3 | Tanque de etapa negra. | 1,00 | 0,80 | 1,80 |
| 4 | Bomba de alimentación a prensa negra. | | 0,005 | 0,005 |
| 5 | Prensa Negra (Filtro prensa de catalizador e impurezas). | 0,30 | 1,80 | 2,10 |

| Ítem | Descripción | Capacidad (TN) | Peso de equipo (TN) | Peso neto total (TN) |
|------|---|----------------|---------------------|----------------------|
| 6 | Tanque de etapa blanca o de blanqueo. | 0,50 | 0,60 | 1,10 |
| 7 | Bomba de alimentación a prensa blanca. | | 0,005 | 0,005 |
| 8 | Prensa Blanca (Filtro prensa de tierra decolorante e impurezas) | 0,30 | 1,80 | 2,10 |
| 9 | Tanque receptor de aceite hidrogenado. | 3,00 | 1,20 | 4,20 |
| 10 | Bomba de alimentación a Desodorizador piloto. | | 0,005 | 0,005 |
| 11 | Desodorizador piloto. | 1,80 | 1,60 | 3,40 |
| 12 | Bomba de descarga de aceite desodorizado. | | 0,005 | 0,005 |
| 13 | Tanque receptor de ácidos grasos. | 0,20 | 0,40 | 0,60 |
| 14 | Bomba de descarga de ácidos grasos. | | 0,005 | 0,005 |
| 15 | Tanque receptor y homogenizador de aceite desodorizado. | 5,00 | 2,00 | 7,00 |
| 16 | Bomba de descarga de producto final | | 0,005 | 0,005 |
| | | | TOTAL (TN) | 26,830 |

Pesos estimados adicionales:

Peso de las tuberías y accesorios: 2 TN

Peso de plataformas, barandas y escaleras: 3 TN

Peso del personal operativo: 0,7 TN (10 personas).

Peso del techo: 0,5 TN

Total adicional: 6,2 TN

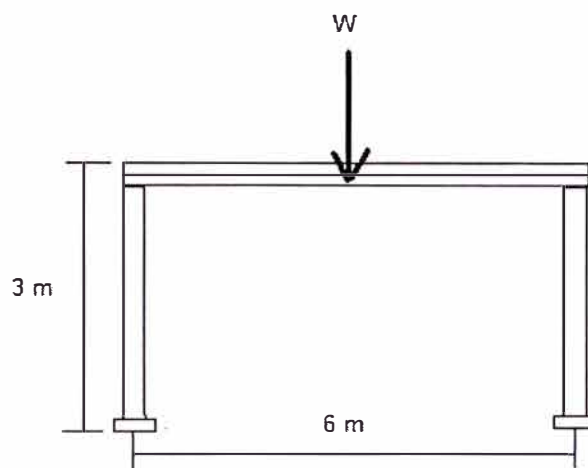
La disposición de los equipos se especifica en el plano P-11

La estructura es de dimensiones

Ancho: 6 m. Largo: 12 m. Altura: 13 m.



Analicemos la viga transversal, sobre la cual actúa una carga W :



El esfuerzo a la Flexión esta dado por:

$$\sigma = \frac{M}{Z} \dots (4.2.1)$$

Donde:

M: Momento máximo en la viga (N-m)

Z: Modulo de sección de la viga (m^3).

El momento máximo en la viga está dado por el momento de una viga empotrada en los extremos y una carga en el medio. Está dado por la siguiente expresión:

$$M = \frac{(W \times L) \times 1,5}{8} \dots (4.2.2)$$

Donde:

W: Carga aplicada en el centro de la viga (N)

L: Longitud de la viga (m).

Factor de servicio de 1,5 para soportes de maquinas impulsadas por motor.

Reemplazando (4.2.2) en (4.2.1):

$$Z = \frac{W \times L}{5,33 \times \sigma} \dots (4.2.3)$$

Para elementos sometidos a flexión el esfuerzo máximo permisible es:

$$S_{mac} = 0,6 \times S_y \dots (4.2.4)$$

Donde S_y es el esfuerzo mínimo de fluencia del material.

Para el acero A-36, $S_y = 248.21$ MPa. (Tabla A), además consideraremos

según el esquema anterior que la carga es aplicada en el centro de la viga.

Propiedades básicas de diversos metales
(Contribución del grupo editorial)*

| Material | Densidad, † g/cm ³ | Coefficiente de expansión térmica, pulg/(pulg) (°F) × 10 ⁻⁶ | Esfuerzo de fluencia, lb/pulg ² × 10 ³ | Esfuerzo último, lb/pulg ² × 10 ³ | Alarga- miento, % | Módulo de elasticidad, lb/pulg ² × 10 ⁶ |
|---|----------------------------------|---|--|---|-------------------------|---|
| Acero, AISI C1020 (trabajado en caliente) | 7.85 | 6.3 | 48 | 65 | 36 | 29-30 |
| Acero, AISI 304 (lámina) | 8.03 | 9.9 | 39 | 87 | 65 | 28 |
| Aluminio, 2024-T3 | 2.77 | 12.6 | 50 | 70 | 16 | 10.6 |
| Aluminio, 6061-T6 | 2.70 | 13.5 | 40 | 45 | 17 | 10.6 |
| Aluminio, 7075-T6 | 2.74 | 13.7 | 68 | 78 | 14 | 10.4 |
| Berilio, QM4 | 1.85 | 6.4-10.2 | 27-38 | 33-51 | 1-3.5 | 40-44 |
| Cobre, puro | 8.90 | 9.2 | Véase <i>Mirals Handbook</i> | | | 17.0 |
| Magnesio, AZ31B-M24 (lámina) | 1.77 | 14.5 | 22 | 37 | 15 | 6.5 |
| Magnesio, HK31A-M24 | 1.79 | 14.0 | 29 | 37 | 8 | 6.4 |
| Molibdeno, forjado | 10.3 | 3.0 | 80 | 120-200 | Pequeño | 40.0 |
| Níquel, puro | 8.9 | 7.2 | Véase <i>Mirals Handbook</i> | | | 32.0 |
| Oro, puro | 19.32 | | | 18 | 30 | 10.8 |
| Plata, pura | 10.5 | 11.0 | 8 | 18 | 48 | 10-11 |
| Platino | 21.45 | 5.0 | | 20-24 | 35-40 | 21.3 |
| Plomo, puro | 11.34 | 29.3 | 1.3 | 2.6 | 20-50 | 2.0 |
| Plutonio, fase alfa | 19.0-19.7 | 30.0 | 40 | 60 | Pequeño | 14.0 |
| Tantalio | 16.6 | 3.6 | | 50-145 | 1-40 | 27.0 |
| Titanio, B 120VCA (envejecido) | 4.85 | 5.2 | 190 | 200 | 9 | 14.8 |
| Torio, fundido por reducción | 11.6 | 6.95 | 21 | 32 | 34 | 7-10 |
| Tungsteno | 19.3 | 2.5 | | 18-600 | 1-3 | 50 |
| Uranio D-38 | 18.97 | 4.0-8.0 | 28 | 56 | 4 | 24 |

Se dan las propiedades a temperatura ambiente. Para información adicional, consulte *Mirals Handbook* o una publicación del fabricante.

*Compilada por Amos Lenzberg, University of California y reproducida con permiso.

†Para obtener las unidades preferidas de densidad, kg/m³, multiplíquese estos valores por 1000.

Tabla A. Propiedades básicas de diversos materiales (AISC, ref.2)

La carga aplicada en el centro de la viga se considera la mayor de las cargas que deben estar en altura, más el aporte de las cargas adicionales. Para el cálculo sólo consideraremos la carga del equipo.

$$W = 3400 \text{ Kgf.}$$

$$L = 6 \text{ m}$$

$$\sigma = 0,6 \times S_y$$

Entonces, reemplazando en (4.2.3):

$$Z = \frac{W \times L}{5,33 \times \sigma} = \frac{3400 \times 9,8 \times 6}{5,33 \times 0,6 \times 248210000}$$

$$Z = 2,5186 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \quad Z = 251,8 \text{ cm}^3$$

Buscando en la Tabla B el perfil más adecuado, tenemos que para HEB 220 (Viga H de 220 mm x 220 mm x 9mm), el módulo es $W_y = 258 \text{ cm}^3$, por tanto es correcto utilizar este perfil.

| DENOMINACION | DIMENSIONES | | | | | SECCION | PESOS | PROPIEDADES | | | |
|--------------|-------------|-----|-------|-------|----|-----------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | h | b | a | t | r | | | ix | Iy | Wx | Wy |
| | mm | mm | mm | mm | mm | cm ² | Kg/mt | cm ⁴ | cm ⁴ | cm ³ | cm ³ |
| HEB100 | 100 | 100 | 6,00 | 10,00 | 12 | 26,00 | 20,40 | 450 | 167 | 89,00 | 33,50 |
| HEB120 | 120 | 120 | 6,50 | 11,00 | 12 | 34,00 | 26,70 | 884 | 318 | 144 | 52,90 |
| HEB140 | 140 | 140 | 7,00 | 12,00 | 12 | 43,00 | 33,70 | 1510 | 550 | 216 | 78,50 |
| HEB160 | 160 | 160 | 8,00 | 13,00 | 15 | 54,30 | 42,60 | 2490 | 889 | 311 | 111 |
| HEB180 | 180 | 180 | 8,50 | 14,00 | 15 | 65,30 | 51,20 | 3830 | 1360 | 426 | 151 |
| HEB200 | 200 | 200 | 9,00 | 15,00 | 18 | 78,10 | 61,30 | 5700 | 2000 | 570 | 200 |
| HEB220 | 220 | 220 | 9,50 | 16,00 | 18 | 91,00 | 71,50 | 8090 | 2840 | 736 | 258 |
| HEB240 | 240 | 240 | 10,00 | 17,00 | 21 | 106,00 | 83,20 | 11260 | 3920 | 938 | 327 |
| HEB260 | 260 | 260 | 10,00 | 17,50 | 24 | 118,00 | 93,00 | 14920 | 5130 | 1150 | 395 |
| HEB280 | 280 | 280 | 10,50 | 18,00 | 24 | 131,00 | 103,00 | 19270 | 6590 | 1380 | 471 |
| HEB300 | 300 | 300 | 11,00 | 19,00 | 27 | 149,00 | 117,00 | 25170 | 8560 | 1680 | 571 |
| HEB320 | 320 | 300 | 11,50 | 20,50 | 27 | 161,00 | 127,00 | 30820 | 9240 | 1930 | 616 |

Tabla B. Dimensiones y Propiedades de Perfiles HEB. (AISC, ref. 2)

Para las columnas, se asume un valor de longitud efectiva de $k = 1,2$ que corresponde al caso de un perfil con rotación y traslación fija en la base, y rotación fija y traslación libre en el extremo superior (Ver Tabla C).

LONGITUD EFECTIVA (K) PARA COLUMNAS











| Table C-2. Effective Length Factors (K) for Columns | | | | | | |
|---|---|---|---|---|--|---|
| Buckled shape of column is shown by dashed line |  |  |  |  |  |  |
| Theoretical K value | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 1.0 | 2.0 | 2.0 |
| Recommended design value when ideal conditions are approximated | 0.65 | 0.80 | 1.2 | 1.0 | 2.10 | 2.0 |
| End condition code |  | Rotation fixed and translation fixed | | | | |
| |  | Rotation free and translation fixed | | | | |
| |  | Rotation fixed and translation free | | | | |
| |  | Rotation free and translation free | | | | |

Tabla C. Valor de longitud efectiva (k) para columnas (AISC, ref.2.)

De la Tabla B, la menor inercia de HEB 220 es: $I = 2840 \text{ cm}^4$

El radio de giro es:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \dots (4.2.5)$$

Donde

I : Inercia de la sección

A : Área de la sección = 91 cm^2

Reemplazando datos en (4.2.5) se obtiene: $r = 5,59 \text{ cm}$

Sabiendo que la longitud de las columnas es variable, y que el pórtico tiene varios cuerpos, tomemos la mayor longitud de un cuerpo, entonces $L = 3 \text{ m}$.

El factor $\frac{Kl}{r}$ se halla en la Tabla C y relaciona el esfuerzo crítico del perfil

seleccionado. Para HEB 220 tenemos:

$$\frac{Kl}{r} = 64,4 \text{ aproximando a } 65. \text{ Entonces: } F_c = 16,94 \text{ Ksi} = 116795,37 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Sabiendo que:

$$F_c = \frac{F}{A}$$

Donde:

F: Fuerza máxima aplicada que puede soportar la columna.

A: Área de la Sección transversal = $91 \text{ cm}^2 = 0,0091 \text{ m}^2$.

Hallamos que

$$F = 1062,8 \text{ KN}$$

Comparando con la fuerza aplicada: $W = 3200 \text{ kgf} = 31,36 \text{ kN}$.

$$F > W$$

Por lo tanto el perfil HEB 220 también cumple largamente con los requerimientos de implementación mínimos para columna. El proyectista puede determinar otro perfil, por un asunto de costos, pero que cumpla los requisitos presentados.

TABLE 1-36
ALLOWABLE STRESS (KSI)
FOR COMPRESSION MEMBERS OF 36 KSI SPECIFIED YIELD STRESS STEEL

| Main and Secondary Members Kl/r not over 120 | | | Main Members Kl/r 121 to 200 | | | | Secondary Members* l/r 121 to 200 | | | | | | |
|---|----------------|----------------|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|--|---------------|----------------|---------------|----------------|-----|------|
| $\frac{Kl}{r}$ | F_a (ksi) | $\frac{Kl}{r}$ | F_a (ksi) | $\frac{Kl}{r}$ | F_a (ksi) | $\frac{Kl}{r}$ | F_a (ksi) | $\frac{l}{r}$ | F_a (ksi) | $\frac{l}{r}$ | F_a (ksi) | | |
| 1 | 21.56 | 41 | 19.11 | 81 | 15.24 | 121 | 10.14 | 161 | 5.76 | 121 | 10.19 | 161 | 7.25 |
| 2 | 21.52 | 42 | 19.03 | 82 | 15.13 | 122 | 9.99 | 162 | 5.69 | 122 | 10.09 | 162 | 7.20 |
| 3 | 21.48 | 43 | 18.95 | 83 | 15.02 | 123 | 9.85 | 163 | 5.62 | 123 | 10.00 | 163 | 7.16 |
| 4 | 21.44 | 44 | 18.86 | 84 | 14.90 | 124 | 9.70 | 164 | 5.55 | 124 | 9.90 | 164 | 7.12 |
| 5 | 21.39 | 45 | 18.78 | 85 | 14.79 | 125 | 9.55 | 165 | 5.49 | 125 | 9.80 | 165 | 7.08 |
| 6 | 21.35 | 46 | 18.70 | 86 | 14.67 | 126 | 9.41 | 166 | 5.42 | 126 | 9.70 | 166 | 7.04 |
| 7 | 21.30 | 47 | 18.61 | 87 | 14.56 | 127 | 9.28 | 167 | 5.35 | 127 | 9.59 | 167 | 7.00 |
| 8 | 21.25 | 48 | 18.53 | 88 | 14.44 | 128 | 9.11 | 168 | 5.29 | 128 | 9.49 | 168 | 6.96 |
| 9 | 21.21 | 49 | 18.44 | 89 | 14.32 | 129 | 8.97 | 169 | 5.23 | 129 | 9.40 | 169 | 6.93 |
| 10 | 21.16 | 50 | 18.36 | 90 | 14.20 | 130 | 8.84 | 170 | 5.17 | 130 | 9.30 | 170 | 6.89 |
| 11 | 21.10 | 51 | 18.26 | 91 | 14.09 | 131 | 8.70 | 171 | 5.11 | 131 | 9.21 | 171 | 6.85 |
| 12 | 21.05 | 52 | 18.17 | 92 | 13.97 | 132 | 8.57 | 172 | 5.05 | 132 | 9.12 | 172 | 6.82 |
| 13 | 21.00 | 53 | 18.08 | 93 | 13.84 | 133 | 8.44 | 173 | 4.99 | 133 | 9.03 | 173 | 6.79 |
| 14 | 20.95 | 54 | 17.99 | 94 | 13.72 | 134 | 8.32 | 174 | 4.93 | 134 | 8.94 | 174 | 6.76 |
| 15 | 20.89 | 55 | 17.90 | 95 | 13.60 | 135 | 8.19 | 175 | 4.88 | 135 | 8.86 | 175 | 6.73 |
| 16 | 20.83 | 56 | 17.81 | 96 | 13.48 | 136 | 8.07 | 176 | 4.82 | 136 | 8.78 | 176 | 6.70 |
| 17 | 20.78 | 57 | 17.71 | 97 | 13.35 | 137 | 7.96 | 177 | 4.77 | 137 | 8.70 | 177 | 6.67 |
| 18 | 20.72 | 58 | 17.62 | 98 | 13.23 | 138 | 7.84 | 178 | 4.71 | 138 | 8.62 | 178 | 6.64 |
| 19 | 20.66 | 59 | 17.53 | 99 | 13.10 | 139 | 7.73 | 179 | 4.66 | 139 | 8.54 | 179 | 6.61 |
| 20 | 20.60 | 60 | 17.43 | 100 | 12.98 | 140 | 7.62 | 180 | 4.61 | 140 | 8.47 | 180 | 6.58 |
| 21 | 20.54 | 61 | 17.33 | 101 | 12.85 | 141 | 7.51 | 181 | 4.56 | 141 | 8.39 | 181 | 6.56 |
| 22 | 20.48 | 62 | 17.24 | 102 | 12.72 | 142 | 7.41 | 182 | 4.51 | 142 | 8.32 | 182 | 6.53 |
| 23 | 20.41 | 63 | 17.14 | 103 | 12.59 | 143 | 7.30 | 183 | 4.46 | 143 | 8.25 | 183 | 6.51 |
| 24 | 20.35 | 64 | 17.04 | 104 | 12.47 | 144 | 7.20 | 184 | 4.41 | 144 | 8.18 | 184 | 6.49 |
| 25 | 20.28 | 65 | 16.94 | 105 | 12.33 | 145 | 7.10 | 185 | 4.36 | 145 | 8.12 | 185 | 6.46 |
| 26 | 20.22 | 66 | 16.84 | 106 | 12.20 | 146 | 7.01 | 186 | 4.32 | 146 | 8.05 | 186 | 6.44 |
| 27 | 20.15 | 67 | 16.74 | 107 | 12.07 | 147 | 6.91 | 187 | 4.27 | 147 | 7.99 | 187 | 6.42 |
| 28 | 20.08 | 68 | 16.64 | 108 | 11.94 | 148 | 6.82 | 188 | 4.23 | 148 | 7.93 | 188 | 6.40 |
| 29 | 20.01 | 69 | 16.53 | 109 | 11.81 | 149 | 6.73 | 189 | 4.18 | 149 | 7.87 | 189 | 6.38 |
| 30 | 19.94 | 70 | 16.43 | 110 | 11.67 | 150 | 6.64 | 190 | 4.14 | 150 | 7.81 | 190 | 6.36 |
| 31 | 19.87 | 71 | 16.33 | 111 | 11.54 | 151 | 6.55 | 191 | 4.09 | 151 | 7.75 | 191 | 6.35 |
| 32 | 19.80 | 72 | 16.22 | 112 | 11.40 | 152 | 6.46 | 192 | 4.05 | 152 | 7.69 | 192 | 6.33 |
| 33 | 19.73 | 73 | 16.12 | 113 | 11.26 | 153 | 6.38 | 193 | 4.01 | 153 | 7.64 | 193 | 6.31 |
| 34 | 19.65 | 74 | 16.01 | 114 | 11.13 | 154 | 6.30 | 194 | 3.97 | 154 | 7.59 | 194 | 6.30 |
| 35 | 19.58 | 75 | 15.90 | 115 | 10.99 | 155 | 6.22 | 195 | 3.93 | 155 | 7.53 | 195 | 6.28 |
| 36 | 19.50 | 76 | 15.79 | 116 | 10.85 | 156 | 6.14 | 196 | 3.89 | 156 | 7.48 | 196 | 6.27 |
| 37 | 19.42 | 77 | 15.69 | 117 | 10.71 | 157 | 6.06 | 197 | 3.85 | 157 | 7.43 | 197 | 6.26 |
| 38 | 19.35 | 78 | 15.58 | 118 | 10.57 | 158 | 5.98 | 198 | 3.81 | 158 | 7.39 | 198 | 6.24 |
| 39 | 19.27 | 79 | 15.47 | 119 | 10.43 | 159 | 5.91 | 199 | 3.77 | 159 | 7.34 | 199 | 6.23 |
| 40 | 19.19 | 80 | 15.36 | 120 | 10.28 | 160 | 5.83 | 200 | 3.73 | 160 | 7.29 | 200 | 6.22 |

* K taken as 1.0 for secondary members.

Note: $C_c = 126.1$

Tabla D. Esfuerzos críticos para elementos a la compresión (AISC, ref. 2)

Para los amarres entre columna y columna, se pueden utilizar ángulos de 3" x 3/16", dispuestos como en el esquema anterior. Estos ángulos garantizan la rigidez de la estructura.

Las divisiones se colocan de acuerdo a la posición de los equipos. Se toma el criterio que el apoyo del equipo debe estar en contacto con la vena de una viga.

En cuanto a la soldadura, se recomienda el método arco metálico protegido, según la tabla E.

La sociedad americana de la soldadura (AWS) determina que el esfuerzo máximo permitido para soldadura en elementos estructurales soldados a filete es 66,189 MPa ($f = 66189000 \text{ N/m}^2$).

PROCESOS RECOMENDADOS PARA LA SOLDADURA DE METALES Y ALEACIONES

| PROCESO DE SOLDADURA | Acero dulce bajo carbono - tipos SAE 1010 y 1020 | Aceros de mediano carbono - tipos SAE 1030 y 1050 | Aceros de baja aleación - tipos SAE 2340, 3145, 4130 y 4350 | Aceros austeníticos inoxidables - tipos AISI 301, 310, 316 y 347 | Aceros ferríticos y martensíticos inoxidables - tipos AISI 405, 410, 430 | Aleaciones de alta resistencia y elevada temperatura - tipos 17, 14, CuM, 16-25-6 y 19-9 DL | Hierro fundido y hierro gris | Aluminio y aleaciones de aluminio | Magnesio y aleaciones de magnesio | Cobre y aleaciones de cobre | Níquel y aleaciones de alto contenido de níquel | Plata | Oro, platino e iridio | Titanio y aleaciones de titanio |
|--------------------------------|--|---|---|--|--|---|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---|-------|-----------------------|---------------------------------|
| Arco metálico protegido | R | R | R | R | R | R | S | S | NA | NR | R | NR | NR | NA |
| Arco sumergido | R | R | R | R | S | S | NR | NR | NA | NR | S | NR | NR | NA |
| Soldadura TIG | S | S | S | R | S | S | S | R | R | R | R | R | R | R |
| Soldadura MIG | S | S | S | R | S | S | NR | R | S | R | R | S | S | S |
| Soldadura por Arco con presión | R | R | R | R | S | S | NR | S | NR | S | S | S | S | S |
| Soldadura por puntos | R | R | R | R | S | S | NA | R | S | S | R | NR | S | S |
| Soldadura a Gas | R | R | S | S | S | S | R | S | NR | S | S | R | R | NA |
| Soldadura fuerte al horno | R | R | S | R/S | S | NR | NR | R | NR | S | R | S | S | S |
| Soldadura fuerte a soplete | S | S | NR | S | S | NR | R | R | NR | R | R | R | R | S |

R=Recomendado

S= Satisfactorio

NR= No recomendado

NA=No aplicable

Tabla E. Procesos de soldadura (AWS, ref. 2)

Se sabe que:

$$W_b = \frac{M}{S_w} \dots (4.2.6)$$

$$M = \frac{(W \times L) \times 1,5}{8}$$

(Factor de servicio: 1,5)

$$S_w = bd + \frac{d^2}{3} \dots (4.2.7)$$

Donde $d = 0,220$ m, $b = 0,220$ m (Tabla F)

W_b : Esfuerzo de flexión.

S_w : Propiedad de las líneas exteriores de la soldadura.

W: Carga aplicada, $W = 3200$ kgf = 31360 N.

L: Longitud de la viga, $L = 6$ m.

Reemplazando en (4.2.6) y (4.2.7) tenemos:

$$W_b = 546976,7 \text{ N/m}$$

Además:

$$W_s = \frac{F}{A_w} \dots (4.2.8)$$

W_s : Esfuerzo de corte.

$F = 31360$ N, $A_w = 0,6$.

Reemplazando: $W_s = 52266,6 \text{ N/m}$

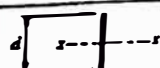
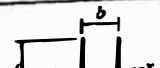
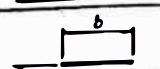
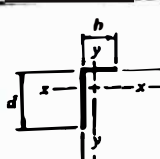
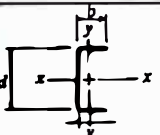
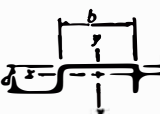
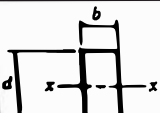
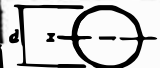
| DESIGN OF WELDED JOINTS PROPERTIES OF WELD OUTLINES | |
|---|--|
|  | $S_w = \frac{d^2}{6}$ |
|  | $S_w = \frac{d^2}{3}$ |
|  | $S_w = bd$ |
|  | $S_w \text{ (top)} = \frac{d(4h + d)}{6}$ $S_w \text{ (bottom)} = \frac{d^2(4b + d)}{6(2b + d)}$ (max. stress at bottom) |
|  | $S_w = bd + \frac{d^2}{6}$ |
|  | $S_w \text{ (top)} = \frac{d(2h + d)}{3}$ $S_w \text{ (bottom)} = \frac{d^2(2b + d)}{3(b + d)}$ (max. force at bottom) |
|  | $S_w = bd + \frac{d^2}{3}$ |
|  | $S_w = \frac{\pi d^2}{4}$ |

Tabla F. Propiedades de implementación de juntas soldadas.

Esfuerzo resultante: $W_r = \sqrt{W_s^2 + W_r^2} \dots (4.2.9)$

$$W_r = 549468,2 \text{ N/m}$$

El ancho del pie de soldadura es:

$$w = \frac{W_r}{f} \dots (4.2.10)$$

Si $W_r = 549468,2 \text{ N/m}$ y $f = 66189000 \text{ N/m}^2$

Resulta en (4.2.10): $w = 8,301 \times 10^{-3} \text{ m}$

La garganta del filete de soldadura es 0,707 $w = 5,87 \text{ mm}$. Por lo tanto se elige 6 mm.

3. SISTEMA DE VAPOR SATURADO A 3 BAR, VAPOR SECO A 1 BAR.

Para lo que corresponde a chaquetas y serpentines se utiliza vapor saturado a 3 bar. Este vapor proviene del sistema de distribución de vapor de la planta, que provee un caldero de 20 bar y 12 TN/h, hacia una reductora de presión tipo 25P con resorte amarillo, que baja de 17 bar a 3 bar.

Para lo que corresponde al proceso de borbotado del aceite en el Desodorizador se utiliza vapor seco a 1 bar. Este vapor seco proviene del domo superior del caldero, pero se le reduce con una reductora de presión de vapor a la presión deseada.

4. SISTEMA DE VACÍO PARA EL REACTOR.

El reactor necesita liberar la humedad generada por la reacción exotérmica a través del vacío. Este mismo vacío se aprovecha para liberar la humedad del tanque de etapa negra y de etapa blanca. El vacío que se utiliza es el

generado por un sistema eyector de 2 etapas que tiene la planta para el área de Refinería, el cual puede generar un vacío de hasta -650 mm Hg.

5. SISTEMA DE VACÍO PARA DESODORIZADOR.

El tipo de sistema de vacío a utilizar queda a elección del proyectista, pero debe ser capaz de generar un vacío de hasta 5 torr. Los ácidos grasos son provistos por el Desodorizador como parte de su operación.

4.3 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES ELECTROMECHANICOS.

1. BOMBA DE ALIMENTACIÓN A PRENSA NEGRA.

Función: Esta bomba se alimenta del tanque de etapa negra e impulsa el aceite hacia la prensa negra.

Características del fluido: El fluido es aceite de palmiste con una densidad de aprox. $0,89 \text{ TN}/m^3$, a una temperatura de $90 \text{ }^\circ\text{C}$.

Planteo: El fluido se transporta hacia la entrada de la prensa negra (Z2), desde el tanque de etapa negra que tiene una salida de aceite (Z1) en la

parte inferior por donde el aceite se descarga a una velocidad (V_1) ($V_1 = \sqrt{2gh}$, siendo "h" la altura del nivel del líquido). La presión P_1 es la presión de la columna de aceite ($P_1 = \rho gh$) en el interior del tanque de etapa negra. La velocidad (V_2) y la presión (P_2) con que debe entrar el aceite a la prensa son la velocidad y la presión que debe desarrollar la bomba.

La expresión de Bernoulli se puede aplicar para un cálculo previo:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + H_b = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_f \dots (4.3.1)$$

Donde h_f es la pérdida de carga por rozamiento, dada por:

$$h_f = f \frac{L}{d} \times \frac{V^2}{2g} \dots (4.3.2)$$

La fórmula de Darcy se emplea tanto en régimen laminar como turbulento. Sin embargo, cuando ocurre el fenómeno conocido como cavitación (la presión de corriente disminuye de tal manera que llega a igualar la presión de vapor del líquido) los caudales obtenidos por cálculo serán inexactos.

El valor de f o coeficiente de fricción esta determinada por el número de Reynolds (en régimen laminar) cuya expresión es:

$$\text{Re} = \frac{\rho V d}{\mu}, \quad f = \frac{64}{\text{Re}} \dots (4.3.3)$$

Donde ρ es la densidad del fluido, V es la velocidad del fluido, d es el diámetro de la tubería y μ es la viscosidad dinámica del fluido.

Ambos valores (Re y f) están contenidos en una gráfica de correspondencia (Ábaco de Lamont y Diagrama de Moody) que se aplica para régimen turbulento (Ver anexo XI).

Si tenemos los siguientes datos:

$$Z_1 = 0, Z_2 = 1\text{m}, \frac{P_1}{\gamma} = \frac{\rho g h}{\gamma} = h = 2\text{m}, \frac{V_1^2}{2g} = h = 2\text{m}$$

$$\text{Entonces en (4.3.1): } 2 + 2 + 0 + H_b = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + 1 + h_f$$

Se tienen estas condiciones:

$$D_2 = 2'' = 0,05248, A_2 = \frac{\pi \times D_2^2}{4} = 0,002163 \text{ m}^2$$

$L = 2\text{m}$, $Q = 1 \text{ lt/s}$ (Asumido)

$$V_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{0,001}{0,002163} = 0,462 \text{ m/s}, \mu = 1,86 \times 10^{-2} \frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2} \text{ (Para } T = 370 \text{ °K)}$$

El número de Reynolds correspondiente en (4.3.3) es:

$$\text{Re} = \frac{890 \times 0,462 \times 0,05248}{1,86 \times 10^{-2}} = 1160,14, \text{ entonces}$$

$$f = \frac{64}{1160,14} = 0,0551$$

$$\text{Finalmente en (4.3.2): } h_f = 0,0551 \times \frac{2}{0,05248} \times \frac{(0,462)^2}{2 \times 9,81} = 0,0228 \text{ m}$$

$$H_b = \frac{P2}{890 \times 9,81} + \frac{(0,462)^2}{2 \times 9,81} + 0,0228 - 3 \quad H_b = \frac{P2}{8730,9} - 2,966$$

Definitivamente el valor de H_b es un valor aproximado de la altura total de la bomba, ya que no se han considerado otras pérdidas internas de la bomba, pérdidas mecánicas, etc. Sin embargo, al hacer la selección de la bomba, es necesario considerar una altura mayor.

La potencia que requiere la bomba esta dada por:

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H_b}{102 \times \eta} \dots (4.3.4)$$

Donde:

P: es la potencia requerida (Kw)

Q: es el caudal del fluido ($\frac{m^3}{s}$)

H_b : es la altura total de la bomba (m)

η : es la eficiencia del equipo = 0,8 (Asumido).

Con este dato se puede seleccionar el motor eléctrico adecuado que debe tener la electrobomba.

Consideremos una electrobomba centrífuga de acero inoxidable cuyo sello mecánico pueda resistir temperaturas de hasta 90 °C, con un caudal de 1 l/s.

Esta bomba tiene una entrada de 1 ¼" y una salida de 1" bridadas. Las características técnicas adicionales se encuentran en el anexo XII.

El valor de P está entre 1bar y 4 bar.

De acuerdo a las pruebas realizadas: P2 = 2 bar.

Por tanto la altura de la bomba necesaria para el cálculo anterior es de:

$$H_b = \frac{200000}{8730,9} - 2.966 = 19,94m$$

Sumándole las pérdidas por accesorios: $h = 20\%(19,94) = 4 m$

Con una potencia eléctrica de:

$$P = \frac{890 \times 9,81 \times 0,001 \times 19,94}{102 \times 0,8} = 2,13 \text{ Kw.}$$

Por tanto la bomba necesaria es de 3HP, H = 24 m, Q = 1 l/s. (Ver anexo XII).

También al hacer la selección de la bomba hay que considerar lo siguiente:

- Las condiciones que exigen las especificaciones técnicas del equipo.
- El material del equipo debe ser el adecuado para el fluido de trabajo, ya que hay que considerar el grado de corrosión que se van a generar

en los componentes de la bomba (rotor, carcaza, eje, sello). Para el caso del aceite de palmiste y por tratarse de un producto alimenticio es necesario que la bomba sea inoxidable. Además, se obtienen mejores resultados utilizando bombas con sello mecánico en vez de las que tienen prensaestopa.

- Para la determinación de las pérdidas de carga singulares (válvulas, codos, etc.) generalmente no se hace uso de fórmulas, por la sencilla razón de que los valores de estas pérdidas de carga se consideran pequeñas en relación con las pérdidas de carga continua.
- Las válvulas de corte, válvulas de paso, etc., equivalen a la pérdida de carga continua de un tubo de 10 m. de longitud del mismo diámetro. Como medida de precaución conviene aumentar en 20% las pérdidas de carga así calculadas.

2. BOMBA DE ALIMENTACIÓN A PRENSA BLANCA.

Función: Esta bomba presenta características idénticas de la bomba de alimentación a la prensa negra. Para el implementación podemos considerarlas iguales.

3. BOMBA DE RECIRCULACION CON TANQUE DE ETAPA BLANCA.

Función: Esta bomba presenta características idénticas de la bomba de alimentación a la prensa negra. Para el implementación podemos considerarlas iguales. Esta bomba recircula el aceite con el tanque de etapa blanca a fin de reprocesar el aceite filtrado hasta conseguir su estado óptimo.

4. BOMBA DE DESCARGA DE ACEITE HIDROGENADO.

Función: Esta bomba presenta características idénticas de la bomba de alimentación a la prensa negra. Para el implementación podemos considerarlas iguales. Esta bomba alimenta de aceite hidrogenado al Desodorizador.

5. BOMBA DE RECIRCULACION DE ACEITE DESODORIZADO.

Función: Esta bomba recircula el aceite hidrogenado al Desodorizador. Es de motor de ½ HP, con un flujo másico de 5 Kg/s, del tipo centrífuga, y una altura de 5 m.

6. BOMBA DE DESCARGA DE ÁCIDOS GRASOS.

Función: Esta bomba descarga los ácidos grasos condensados provenientes de la desodorización y los lleva al tanque receptor de ácidos grasos. Consideremos una bomba de acero inoxidable con la misma altura y el mismo caudal de la bomba del tanque de etapa negra.

7. AGITADORES ELECTROMECHANICOS.

Función: Los agitadores electromecánicos u homogenizadores se encargan de mantener un determinado tipo de condiciones estables al aceite durante su almacenamiento para que sea trasladado en el momento adecuado, según el proceso.

Características: Constan de un eje, el cual es de acero inoxidable, que en un extremo tiene una hélice de 3 o 4 paletas, y en el otro extremo un acoplamiento que trabaja con el eje del motoreductor que lo hace girar. Cuenta además con una carcasa protectora de fácil acceso para el respectivo mantenimiento. Se instalan en posición horizontal con inclinación de 8° respecto al centro del tanque, o en posición vertical en la parte superior del tanque.

Para detalles de la implementación, ver anexo VIII.

4.4 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES ELECTRICOS.

1. TABLERO.

Función: El tablero eléctrico cumple la función de ordenar y agrupar en una sola ubicación los elementos de potencia principales de un sistema eléctrico a fin de poder identificarlos, instalarlos, intervenirlos, cambiarlos si hay algún desperfecto, o repararlos, con la mayor facilidad posible.

Componentes: El tablero que se instala en la planta piloto controla el arranque y parada de las electrobombas, la iluminación local, el arranque y parada de los agitadores mecánicos, y la alimentación de energía eléctrica de instrumentos.

Sus componentes son:

| ITEM | DESCRIPCION | CANTIDAD |
|------|--|----------|
| 1 | INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3RV1021-1CA10 | 1 |
| 2 | INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3RV1021-0KA10 SIEMENS | 3 |
| 3 | INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3RV1021-1BA10 1.4/2A | 2 |
| 4 | CONTACTOR TRIFASICO 3RT1016-1AN22 | 6 |
| 5 | CONTACTO AUXILIAR FRONTAL INTERRUPTOR TERMICO. | 6 |
| 6 | CONTACTO AUXILIAR CONTACTOR. | 10 |
| 7 | PULSADOR LUMINOSO 3SB3653-0AA41 VERDE. | 4 |
| 8 | PULSADOR LUMINOSO 3SB3654-OAA21 ROJO. | 4 |

Los planos de la instalación eléctrica se adjuntan (P-13)

Los cálculos se basan en el cálculo inicial de la sección del cable alimentador utilizando la corriente de cortocircuito. Como generalmente se desconoce la impedancia del circuito de alimentación a la red (impedancia de transformador, red de distribución y acometida), se admite que en caso de cortocircuito la tensión en el inicio de las instalaciones se puede considerar como 0,8 veces la tensión de suministro. Se toma el defecto fase-tierra como el más desfavorable, y se supone despreciable la inductancia de los cables.

Por lo tanto se puede emplear la siguiente fórmula:

$$I_{cc} = \frac{0,8V}{R} \dots (4.4.1)$$

Donde:

I_{cc}: Intensidad de cortocircuito máxima en el punto considerado.

V: Tensión de alimentación fase neutro (230 V)

R: Resistencia del conductor de fase entre el punto considerado y la alimentación.

Normalmente el valor de R se considera como la suma de las resistencias de los conductores entre la Caja General de protección y el punto considerado en el que se desea calcular el cortocircuito, considerando que la temperatura es de 20 °C.

La resistencia del conductor es:

$$R = \frac{\rho L}{S} \dots (4.4.2)$$

Donde:

ρ : Resistividad del cobre a 20°C = 0,018 $\frac{\Omega mm^2}{m}$

L: Longitud del conductor (m)

S: Área de la sección del conductor (mm^2).

En la siguiente tabla se muestran las intensidades de corriente máxima que soportan los distintos cables, según su sección.

Cuadro de cargas:

En el cuadro de cargas se incluye:

- Motoreductores de los agitadores.
- Electrobombas.
- Alumbrado (3 niveles).
- Instrumentos (sensores de presión y temperatura del reactor).
- Reserva.

| SECCION NOMINAL (mm) ² | GRUPO1 | GRUPO2 | GRUPO3 |
|---|--------|--------|--------|
| 0.75 | - | 12 | 15 |
| 1 | 11 | 15 | 19 |
| 1.5 | 15 | 19 | 23 |
| 2.5 | 20 | 25 | 32 |
| 4 | 25 | 34 | 42 |
| 6 | 33 | 44 | 54 |
| 10 | 45 | 61 | 73 |
| 16 | 61 | 82 | 98 |
| 25 | 83 | 108 | 129 |
| 35 | 103 | 134 | 158 |
| 50 | 132 | 167 | 197 |
| 70 | 164 | 207 | 244 |
| 95 | 197 | 249 | 291 |
| 120 | 235 | 291 | 343 |
| 150 | - | 327 | 382 |
| 185 | - | 374 | 436 |
| 240 | - | 442 | 516 |
| 300 | - | 510 | 595 |
| 400 | - | - | 708 |
| 500 | - | - | 809 |

GRUPO 1: Monoconductores tendidos al interior de ductos.

GRUPO 2: Multiconductores con cubierta común, que van al interior de tubos metálicos, cables planos, cables portátiles o móviles, etc.

GRUPO 3: Monoconductores tendidos sobre aisladores.

Intensidades máximas de corriente para distintas secciones de cable (A)

Carga básica: 220 V.

Carga de potencia: 440 V.

CUADRO DE CARGAS

| REGLA | Área techada 1º nivel | 72 | m² | | |
|------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-------|---------------------|
| O50 - 200 | Área techada 2º nivel | 72 | m² | | |
| | Área techada 3º nivel | 36 | m² | | |
| | TOTAL | 180 | m² | | |
| CARGAS | CANT | POT. INST. (W) | DEMANDA (W) | F.D % | DEM. MAX. (W) |

Carga Básica:

| | | | | | |
|------------------|------|---------|---------|--------|----------------|
| Primeros 90 m2 | | 2500.00 | 2500.00 | 100.00 | 2500.00 |
| Siguientes 90 m2 | | 1000.00 | 1000.00 | 100.00 | 1000.00 |
| Instrumentos | 2.00 | 100.00 | 200.00 | 100.00 | 200.00 |
| TOTAL (W) | | | | | 3700.00 |

Carga de Potencia:

| | | | | | |
|--|------|---------|---------|--------|---------|
| Motoreductor del agitador del reactor. | 1.00 | 3730.00 | 3730.00 | 100.00 | 3730.00 |
| Motoreductor del agitador del tanque de etapa negra. | 1.00 | 1492.00 | 1492.00 | 100.00 | 1492.00 |
| Motoreductor del agitador del tanque de etapa blanca. | 1.00 | 4000.00 | 4000.00 | 100.00 | 4000.00 |
| Motoreductor del agitador del tanque de aceite desodorizado. | 1.00 | 2238.00 | 2238.00 | 100.00 | 2238.00 |
| Motor de bomba Tanque Etapa Negra – BC1 | 1.00 | 2238.00 | 2238.00 | 100.00 | 2238.00 |
| Motor de bomba Tanque Etapa Blanca – BC2 | 1.00 | 2238.00 | 2238.00 | 100.00 | 2238.00 |
| Motor de bomba recirculación Tanque Etapa Blanca – BC3 | 1.00 | 2238.00 | 2238.00 | 100.00 | 2238.00 |
| Motor de bomba Tanque aceite hidrogenado – BC4 | 1.00 | 2238.00 | 2238.00 | 100.00 | 2238.00 |

| CUADRO DE CARGAS | | | | | |
|---|------|----------------|-------------|--------|-----------------|
| CARGAS | CANT | POT. INST. (W) | DEMANDA (W) | F.D % | DEM. MAX. (W) |
| Motor de bomba recirculación de aceite desodorizado – BC5 | 1.00 | 500.00 | 500.00 | 100.00 | 500.00 |
| Motor de bomba descarga de ácidos grasos – BC6 | 1.00 | 1000.00 | 1000.00 | 100.00 | 1000.00 |
| Reserva: | 1.00 | 2000.00 | 2000.00 | 100.00 | 2000.00 |
| TOTAL (W) | | | | | 23912.00 |

Cálculos de Intensidades de corriente:

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$I = \frac{f \times M.D \text{ TOTAL}}{K1 \times V \times \text{Cos } \emptyset} \quad \dots(4.4.3)$$

Donde:

K1 = 1.73 para circuitos trifásicos.

K1 = 1,00 para circuitos monofásicos.

f = 0,9 para tres conductores (*).

f = 0,8 para cuatro a seis conductores (*).

Cos \emptyset = Factor de potencia.

M.D. TOTAL = Máxima demanda total (W).

V = Tensión de servicio (V).

(*) Según Sección 030 anexo B, tabla 12B, del CNE-Utilización.

Cálculos de Caída de tensión:

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$\Delta V = K2 \times I \times \frac{\rho \times L}{S} \quad \dots (4.4.4)$$

Donde:

I = Corriente (A)

ΔV = Caída de tensión (V)

L = Longitud (m)

ρ = Resistencia en el conductor ($\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$)

Para el ρ (Cu) = $0,0175 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$

S = Sección del conductor (mm^2).

K2 = 3 (circuitos trifásicos).

K2 = 1 (circuitos monofásicos).

Utilizando las expresiones (4.4.3) y (4.4.4) se tiene:

| CÁLCULO DE CAIDA DE TENSION | | | | | | | |
|------------------------------------|--------|-------|------|--------|------------|-----------|------------|
| | PI (W) | MD(W) | f | K1 | VOLT (V) | F.P. | I (A) |
| Carga de potencia | 23912 | 23912 | 0.90 | 1,73 | 440.00 | 0,90 | 31,41 |
| Carga básica | 3700 | 3700 | 1,00 | 1.00 | 220.00 | 0,90 | 18,69 |
| | PI (W) | MD(W) | K2 | ρ | L máx. (m) | S (mm2) | ΔV |
| Carga de potencia | 23912 | 23912 | 3,00 | 0,0175 | 120.00 | 35 | 5,65 |
| Carga básica | 3700 | 3700 | 1,00 | 0,0175 | 120.00 | 10 | 3,92 |

Por tanto, para el circuito básico se utilizará un cable de 10 mm^2 y para el circuito de potencia se utilizará un cable de 35 mm^2 .

Para el circuito de fuerza de cada uno de los motoredutores y electrobombas, se utiliza cable de $2,5 \text{ mm}^2$ en todos por igual. Lo teórico es utilizar la fórmula $I = \frac{f \times MD}{K1 \times V \times \cos \phi}$ por separado, obteniendo que estas corrientes son menores a 20 A, satisfaciendo el uso uniformizado del cable de $2,5 \text{ mm}^2$.

2. MOTORES Y MOTOREDUCTORES.

Para la selección de los motoredutores y motores eléctricos es necesario saber en primera instancia la Potencia motriz y las RPM que necesita cada motor. Para seleccionar adecuadamente debe tenerse en cuenta la siguiente información básica:

Características de operación:

- Potencia (HP tanto de entrada como de salida)
- Velocidad (RPM de entrada como de salida)
- Torque (par) máximo a la salida.
- Relación de reducción (I).

Características del trabajo a realizar:

- Tipo de máquina motriz (motor eléctrico, a gasolina, etc.)
- Tipo de acople entre máquina motriz y reductor.
- Tipo de carga (uniforme, con choque, continua, discontinua etc.)

- Duración de servicio (horas/día).
- Arranques por hora, inversión de marcha.

Condiciones del ambiente

- Humedad: 90 %
- Temperatura: 30 °C

Ejecución del equipo

- Ejes a 180°, ó, 90°.
- Eje de salida horizontal, vertical, etc.

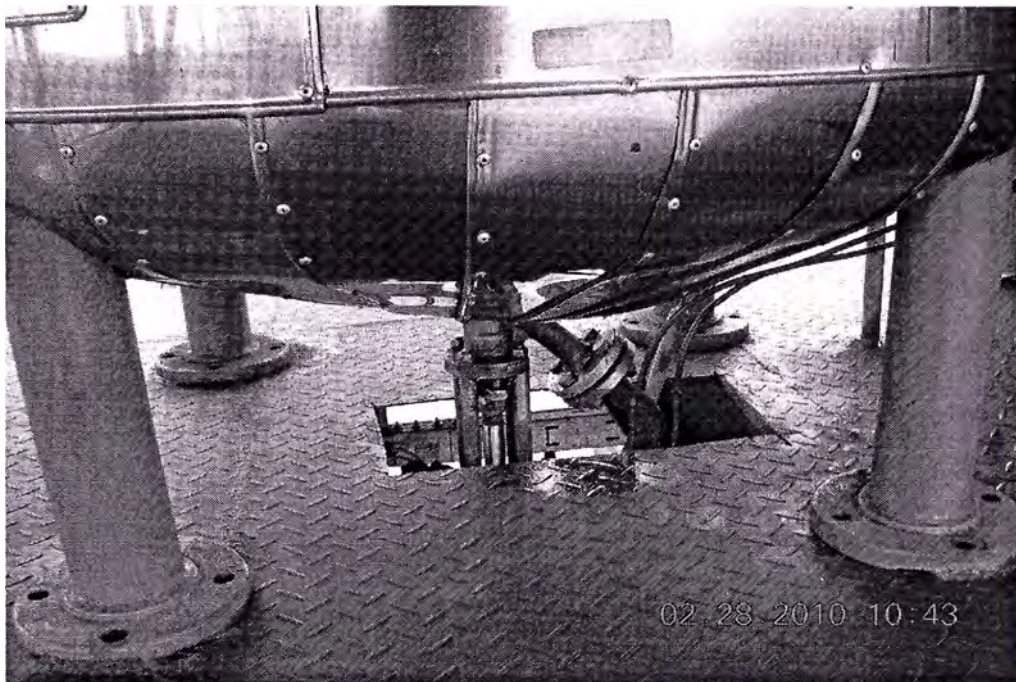
Tenemos:

| Equipo | Potencia (HP), Velocidad (RPM) | Relación de transmisión | Posición, ejes |
|--|---|------------------------------------|---------------------------|
| Motoreductor del agitador del reactor. | 5HP, 150 RPM | 1: 11,6 | Vertical, 180° |
| Motoreductor del agitador del tanque de etapa negra. | 2HP, 60 RPM | 1: 29,16 | Horizontal, 180° |
| Motoreductor del agitador del tanque de etapa blanca. | 4 KW, 60 RPM | 1:29,16 | Vertical, 180° |
| Motoreductor del agitador del tanque de aceite desodorizado. | 3HP, 90 RPM | 1: 19,44 | Horizontal, 180° |
| | | | |

| Equipo | Potencia (HP), Velocidad (RPM) | Relación de transmisión | Posición, ejes |
|---|---------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Motor de bomba Tanque Etapa Negra – BC1 | 3 HP, 1750 RPM | 1:1 | Horizontal |
| Motor de bomba Tanque Etapa Blanca – BC2 | 3 HP, 1750 RPM | 1:1 | Horizontal |
| Motor de bomba recirculación Tanque Etapa Blanca – BC3 | 3 HP, 1750 RPM | 1:1 | Horizontal |
| Motor de bomba Tanque aceite hidrogenado – BC4 | 3 HP, 1750 RPM | 1:1 | Horizontal |
| Motor de bomba recirculación de aceite desodorizado – BC5 | 0,5 KW, 1750 RPM | 1:1 | Horizontal |
| Motor de bomba descarga de ácidos grasos – BC6 | 1 KW, 1750 RPM | 1:1 | Horizontal |

4.5 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES ELECTRONEUMATICOS.

La válvula de descarga del reactor es el único componente neumático de la implementación. Opera con una electroválvula que a su vez acciona el actuador neumático de dicha válvula. Este actuador es del tipo pistón. En nuestro caso esta válvula con su actuador y la electroválvula estaban instaladas con el reactor.



Vista inferior del reactor de hidrogenación con la válvula neumática instalada.

Esta válvula es de acero inoxidable, y tiene una salida bridada de 1". La instalación también requiere un tramo de tracing de cobre para asegurar el calentamiento del aceite cuando se descarga.

CAPÍTULO V: COSTOS.

Breve Introducción:

El costo de producción tiene dos características opuestas, que algunas veces no están bien entendidas. La primera es que para producir bienes uno debe gastar; esto significa generar un costo. La segunda característica es que los costos deberían ser mantenidos tan bajos como sea posible y eliminados los innecesarios. Esto no significa el corte o la eliminación de los costos indiscriminadamente.

Por ejemplo, no tiene sentido que no se posea un programa correcto de mantenimiento de equipos, simplemente para evitar los costos de mantenimiento. Sería más recomendable tener un esquema de mantenimiento aceptable el cual, eliminaría, quizás, el 80% o 90% de los riesgos de roturas.

Costo de Materiales:

Están los materiales que se han utilizado para la fabricación de los tornillos sinfín, la estructura, plataformas, barandas, escaleras, motoreductores y componentes eléctricos, acabados en general.

Costos de Mano de Obra:

Se cuenta con un personal de planta conformado por maestros, ayudantes y soldadores que se encarga de la fabricación e instalación.

Costos de Mantenimiento:

Se cuenta con personal de mantenimiento, el cual participa activamente durante la instalación de los tornillos, hasta ponerlos operativos, ya que luego se encargaran de las labores de mantenimiento correctivo y preventivo. En cuanto a materiales representa el 15% de la inversión.

Costos de Servicios:

Hay elementos que se han tenido que mandar a fabricar a talleres especializados, como por ejemplo los Hangers o soportes del eje, que son piezas de fierro fundido.

También se contrata un personal de pintura para realizar el pintado y los acabados respectivos de las canaletas, plataforma, barandas y escaleras.

Costos de Suministros:

Como suministro tenemos la energía eléctrica.

5.1 COSTOS DE COMPONENTES MECÁNICOS.

En la siguiente tabla se indican los costos de los equipos:

| Descripción | Detalles | Costos (US\$) |
|---|--|-----------------|
| Tanque receptor de aceite blanqueado-fraccionado de aceite de palmiste. | Cap.: 2 TN, Fe Ne, serpentín, instrumentos. | 6000.0 |
| Reactor piloto de hidrogenación (donde se produce la reacción). | Cap.: 0,5 TN, Fe Ne, agitador, chaqueta, instrumentos. | 45000.0 |
| Tanque receptor previo al filtrado (Tanque de etapa negra). | Cap.: 1 TN, Fe Ne, chaqueta, agitador, instrumentos. | 5500.0 |
| Filtro prensa que retenga las impurezas de la reacción (Prensa negra). | Cap.: 300 Kg, Fe Ne, 40 placas, telas. | 5000.0 |
| Tanque homogenizador de blanqueo (Tanque de etapa blanca). | Cap.: 0,5 TN, Fe Ne, agitador, chaqueta, instrumentos. | 5500.0 |
| Filtro prensa que retenga las impurezas de la tierra de blanqueo (Prensa blanca). | Cap.: 300 Kg, Fe Ne, 40 placas, telas | 5000.0 |
| Tanque receptor de aceite hidrogenado. | Cap.: 3 TN, Fe Ne, serpentín, instrumentos. | 7500.0 |
| Desodorizador piloto. | Cap.: 1,8 TN, Acero inoxidable, accesorios, bombas. | 48000.0 |
| Tanque receptor de ácidos grasos. | Cap.: 0,2 TN, Fe Ne, instrumentos. | 2500.0 |
| Tanque receptor homogenizador de aceite hidrogenado y desodorizado. | Cap.: 5 TN, Fe Ne, agitador, chaqueta | 6000.0 |
| MONTO FINAL (US\$) | | 136000.0 |

En la siguiente tabla se indica lo restante:

| Descripción | Detalles | Costos (US\$) |
|---|---|----------------|
| Sistema de tuberías con accesorios (válvulas y fittings) adecuados para el traslado del producto. | Acero inoxidable 316, acero al carbono (Fe Ne). | 8000.0 |
| Sistema de bombas complementando al Sistema de tuberías. | Varias potencias y velocidades | 8000.0 |
| Sistema de vacío por eyector (planta). | Eyector, condensadores. | 2000.0 |
| Sistema de inyección de vapor directo (planta). | 1 bar, línea de alimentación. | 1000.0 |
| Sistemas de alimentación de vapor (planta). | 3 bar, línea de alimentación y condensados. | 1500.0 |
| Sistemas de alimentación de aire (planta) | 7 bar, línea de alimentación. | 1000.0 |
| Sistemas de alimentación de agua industrial (planta) | 3 bar, línea de alimentación y retorno | 1500.0 |
| Sistema eléctrico para las bombas, motoreductores e instrumentos. | Tablero eléctrico, cableado, etc. | 5000.0 |
| Sistema hidráulico para el motoreductor del agitador del reactor. | Compresor con enfriador. | 3000.0 |
| Sistema neumático para el reactor. | Electroválvula con actuador neumático. | 1000.0 |
| Sistema de inyección de hidrógeno. | 5 bar, reguladores, válvula de alivio | 15000.0 |
| Sistema de venteo con nitrógeno. | 5 bar, reguladores, válvula de seguridad | 18000.0 |
| MONTO FINAL (US\$) | | 65000.0 |

5.2 COSTOS DE COMPONENTES ELÉCTRICOS.

Se indican los componentes del tablero e instalaciones eléctricas en general:

| Descripción | Detalles | Costos (US\$) |
|-------------------------------------|---|----------------|
| Materiales | Contactores, interruptores, cables, canaletas, conectores, tablero. | 15000.0 |
| Mano de Obra | Personal especializado. Tiempo: 40 días | 4000.0 |
| Consumibles, energía, horas maquina | Varios, herramientas de trabajo. | 1500.0 |
| MONTO FINAL (US\$) | | 20500.0 |

5.3 COSTOS DE COMPONENTES ELECTROMECAÑICOS.

Se indican los motores eléctricos y motoredutores:

| Descripción | Detalles | Costos (US\$) |
|---------------------------|--|----------------|
| Motores eléctricos | Electrobombas (6 unidades) | 6000.0 |
| Agitadores | Motoreductor, componentes fijos y móviles (3 unidades) | 7500.0 |
| MONTO FINAL (US\$) | | 13500.0 |

5.4 COSTOS DE COMPONENTES ELECTRONEUMÁTICOS.

Válvula neumática de descarga del reactor:

| Descripción | Detalles | Costos (US\$) |
|---|------------------------------------|---------------|
| Electroválvula neumática, válvula con actuador neumático. | Costo de materiales e instalación. | 1000.0 |

5.7 COSTOS TOTALES.

Haciendo un resumen de costos presentamos la siguiente tabla:

| Ítem | Descripción | Costo (US\$) |
|------|---|--------------|
| 1 | Costos de componentes mecánicos | 201000 |
| 2 | Costos de componentes eléctricos | 20500 |
| 3 | Costos de componentes electromecánicos | 13500 |
| 4 | Costos de componentes electroneumáticos | 1000 |
| 5 | Costos de componentes auxiliares | 4700 |
| 6 | Costos de estructuras e instalación | 80500 |

MONTO FINAL (US\$) **321200**

Estos costos se registran a través de un sistema mecanizado de administración de datos, el cual usa la empresa para todos sus proyectos.

Este sistema denominado SAP permite acumular los gastos más detallados, ya que cada salida del almacén de algún material o equipo tiene un código de identificación (reserva) que se contabiliza a la orden asignada al proyecto, reportándose mes a mes y comparando con el presupuesto asignado al proyecto, a fin de que se pueda advertir con anticipación si los gastos se exceden del presupuesto, o cuanto queda disponible del presupuesto inicial, para que durante la ejecución del proyecto estas cifras ayuden a tomar decisiones.

A los costos del proyecto se le suman los costos de los insumos, cuando ya se quiere hacer un análisis de proyecciones y rentabilidad de la producción.

El costo de fabricación del aceite blanqueado- fraccionado de palmiste (materia prima del proceso) resulta:

| COSTO DE FABRICACION (US\$/mes) | |
|---|-----------------|
| | |
| Total costo de materias primas e insumos | 17330.00 |
| Mano de obra directa (mensual) | 1160.00 |
| Mano de obra de mantenimiento | 105.00 |
| Mano de obra indirecta (Empleados) | 770.00 |
| Gastos Generales de Fabrica (promedio) | 5300.00 |
| | |
| COSTO TOTAL MENSUAL(US\$) | 24665.00 |

Estos datos se estimaron para una producción de 16 TN mensual, lo que significa que cada tonelada cuesta US\$1542.

CONCLUSIONES.

1. La planta piloto está abasteciendo a la empresa con éxito desde el mes de Diciembre del 2009, a entera satisfacción de la Gerencia Industrial.
2. El costo total del proyecto es de US\$321000, y teniendo en cuenta que haciendo la diferencia entre el precio de venta de 1 TN de aceite Desodorizado de palmiste (US\$2500) y el costo de fabricación de aceite blanqueado-fraccionado de palmiste (US\$1542) resulta una ganancia neta de US\$958, en 12 meses se cubre el costo total del proyecto si la producción está al 100% en 3 turnos. Esto nos demuestra que la implementación presentada constituye un negocio rentable si es que se lleva a nivel de ejecución.
3. El personal técnico de la empresa está capacitado para la fabricación de tanques de acero estructural, de acuerdo a las normas respectivas.
4. El aceite Desodorizado producido en la planta piloto pasa satisfactoriamente las exigencias organolépticas solicitadas por DIGESA.

RECOMENDACIONES.

1. El reactor debe vigilarse que siempre esté en un ambiente ventilado, y el sistema de inyección de hidrógeno debe contar con todas las medidas de seguridad adecuadas.
2. Cambiar los equipos fabricados y líneas tendidas con acero estructural por acero inoxidable, ya que sus superficies están en contacto con el aceite.
3. Cambiar tanto las electrobombas como los motorreductores de los agitadores a equipos antiexplosivos, para reducir el riesgo de explosión. Además, todos los dispositivos eléctricos y electrónicos deben ser antiexplosión.
4. Mantener adecuadamente el aislamiento térmico de todas las líneas de vapor, tanques y superficies donde se produzca intercambio de calor conduce a una reducción de las pérdidas de energía que mejoran el rendimiento del proceso.

5. Las líneas de vapor deben permanecer alejadas de las demás. En el caso de la línea de hidrógeno (de acero inoxidable), además de estar separada de las demás, debe estar con una cubierta protectora.
6. Seguir las instrucciones del proveedor en cuanto a la ubicación de los balones de hidrógeno, así como los reguladores de línea (deben estar debidamente identificados).
7. Utilizar el papel sacrificio de las prensas asegura la vida útil de las telas, reduciendo costos importantes.
8. Toda instalación mecánica o eléctrica sea realizada y supervisada por personal calificado.
9. La automatización del proceso es básica para el mejoramiento del control. La implementación presentada tiene éxito y sin automatizar, podemos inferir que se obtendrían grandes beneficios si se diseña un sistema automatizado de control del proceso. Las pérdidas se minimizan.

BIBLIOGRAFIA.

1. AMERICAN WELDING SOCIETY. *Structural Welding Code Steel*
AWS D1.1/D1.1M:2002. Versión electrónica.
2. AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. *Manual de Estructuras de Acero*.
7º EDICION, 1979. VERSIÓN ELECTRÓNICA.
3. EXSA. *Manual de soldadura OERLIKON*.
1995. Versión electrónica.
4. PERRY. *Chemical Engineering*.
Editorial Mc Graw Hill, 1983.
5. ECHENIQUE, CAROLINA. *Investigación del mercado de chocolates finos, posicionamiento y estudio de expansivo de la chocolatería fina*.
Editorial Pontificia Universidad Católica de Chile. 2003. 183 pags.
6. CENTRUM. *Boletín "Centrum al Día"*.
Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú. Abril del 2008. Versión electrónica.
7. MARKS. *Manual del Ingeniero Mecánico*.
Editorial Mc Graw Hill, 1985, Vol 3, 1240 pags.

8. SHIGLEY E. *Implementación en Ingeniería Mecánica*.

Editorial Mc Graw Hill, 5º edición, 1988.

9. SPITTA. *Implementación de Instalaciones Eléctricas*.

Editorial Mc Graw Hill, 3º edición, 2002.

10. CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD.

1998. Versión electrónica.

PLANOS.

P-1: Tanque receptor de aceite blanqueado-fraccionado de palmaste.

P-2: Tanque reactor.

P-3: Tanque etapa negra.

P-4: Prensa Etapa Negra, Prensa Etapa Blanca.

P-5: Tanque etapa blanca.

P-6: Tanque aceite hidrogenado.

P-7: Desodorizador.

P-8: Tanque aceite desodorizado.

P-9: Tanque ácidos grasos.

P-10: Esquema de instalación.

P-11: Estructura de la planta piloto.

P-12: Isométrico de la instalación.

P-13: Planos eléctricos.

ANEXOS.

1. ANEXO I: Requerimientos de diversos estándares para tanques de fondo plano.
2. ANEXO II: Grupo de materiales.
3. ANEXO III: Soldaduras en tanques de almacenamiento.
4. ANEXO IV: Requerimientos para plataformas y pasillos.
5. ANEXO V: Requerimientos para escaleras.
6. ANEXO VI: Cálculo de serpentín de vapor.
7. ANEXO VII: Cálculo de tapa semielíptica y esférica.
8. ANEXO VIII: Implementación de un agitador mecánico.
9. ANEXO IX: Sistema de inyección de hidrógeno y soplado de nitrógeno.
10. ANEXO X: Procedimiento inicial de operación del proceso de hidrogenación en la planta piloto.
11. ANEXO XI: Diagrama de Moody.
12. ANEXO XII: Características de la electrobomba de la etapa negra.
13. ANEXO XIII: Características de otros insumos para el proceso de hidrogenación.
14. ANEXO XIV: Valores de Potencia y Corriente para motores de inducción típicos.

15. ANEXO XV: Tabla de aplicaciones de tuberías.
16. ANEXO XVI: Consideraciones del Código Nacional de Electricidad.
17. ANEXO XVII: Diccionario de términos.
18. ANEXO XVIII: Instrumentos de equipos.

TABLAS:

Tabla 1: Espesores recomendados para tanques (Perry).

Tabla 2: Eficiencias máximas permisibles de juntas para juntas soldadas con gas y con arco.

Tabla 3: Dimensión mínima del filete continuo de soldadura.

Tabla 4: Espesor del cuello, tapa plana y brida de la entrada de hombre (en mm).

Tabla 5: Dimensiones de entradas de hombres de 508 mm (en mm).

Tabla 6: Especificaciones técnicas de tuberías de acero al carbono.

Tabla 7: Tabla de coeficientes globales de transferencia de calor para serpentines inmersos en líquidos (Perry).

Tabla 8: Esfuerzos permisibles de materiales más comunes (kg/cm^2).

Tabla 9: Especificaciones técnicas del acero inoxidable C304 y C304L.

Tabla 10: Coeficientes globales para recipientes con chaqueta (Perry).

Tabla 11: Fórmulas de implementación de recipientes para presión interna.

Tabla 12: Dimensiones de tuberías de cobre.

Tabla 13. Propiedades de líquidos y gases comunes.

Tabla 14. Propiedades termofísicas de metales.

Tabla 15. Factores de conversión.

Tabla 16. Propiedades termofísicas del agua saturada.

Tabla 17. Correlaciones de convección para flujo en tubo circular.

ANEXO I:

Requerimientos de diversos estándares para tanques de fondo plano.

| CARACTERÍSTICA | A.P.I. 650 | | | A.P.I. 620 | | | A.N.S.I. | AWWA |
|-------------------------------|--------------------------------|------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|-----------|
| | Básico | Apéndice A | Apéndice F | Básico | Apéndice R | Apéndice Q | B96.1 | |
| Presión Interna Máxima | Atm. | Atm. | 0.17 Kg/cm ² | 1 Kg/cm ² | 1 Kg/cm ² | 1 Kg/cm ² | Atm. | Atm. |
| Temperatura Mínima | NS | (-)28.9°C | NS | (-)45.5°C | (-)54.4°C | (-)167°C | (-)28.8°C | (-)48.3°C |
| Temperatura Máxima | 93.3°C | 93.3°C | 93.3°C | 93.3°C | (-)40°C | 93.3°C | 204°C | RT |
| Espesor Máximo del Cuerpo | 44.4 cm. | 12.7 cm. | 44.4 mm. | NS | NS | NS | NS | 50.8 mm. |
| Espesor Mínimo del Cuerpo | | | | | | | | |
| D < 15.2 m. | 4.76 mm. | | | 4.76 mm. | | | 4.76 mm. | |
| 15.2 m. < D > 36.5 m. | 6.35 mm. | | | 6.35 mm. | | | 6.35 mm. | |
| 36.5 m. < D > 60.9 m. | 7.93 mm. | | | 7.93 mm. | | | 7.93 mm. | |
| D > 60.9 m. | 9.52 mm. | | | 9.52 mm. | | | 9.52 mm. | |
| Espesor Mínimo del Techo | 4.76 mm. | | | NS | | | 4.76 mm. | |
| Espesor Máximo del Techo | 6.35 mm. + CA | | | NS | | | 6.35 mm. | |
| Angulo Mínimo de Coronamiento | | | | | | | | |
| D < 10.6 m. | 50.8 mm. x 50.8 mm. x 4.76 mm. | | | NS | | | 63.5 mm. x 63.5 mm. x 6.35 mm. | |
| 10.6 m. < D > 18.2 m. | 50.8 mm. x 50.8 mm. x 6.35 mm. | | | NS | | | 63.5 mm. x 63.5 mm. x 7.93 mm. | |
| D > 18.2 m. | 76.2 mm. x 76.2 mm. x 9.52 mm. | | | NS | | | 76.2 mm. x 76.2 mm. x 9.52 mm. | |

NS = Sin Especificación CA = Corrosión Permissible RT = Temperatura Ambiente

ANEXO II:

Grupo de materiales.

| Grupo 1 Rolado Semicalmado | | Grupo 2 Rolado Calmado y Semicalmado | | Grupo 3 Rolado y Calmado Grano Fino | |
|----------------------------|-------|--------------------------------------|-------|-------------------------------------|-------|
| Material | Notas | Material | Notas | Material | Notas |
| A-283-C | 2 | A-31-B | 7 | A-573-58 | |
| A-285-C | 2 | A-36 | 2 y 6 | A-516-55 | |
| A-131-A | 2 | A-422-55 | | A-516-60 | |
| A-36 | 2 y 3 | A-422-60 | | G40.21-260W | 9 |
| Fe-42-B | 4 | G40.21-260W | | Fe-42-D | 4 y 9 |
| Gdo. 37 | 3 y 5 | Fe-42-C | 4 | Gdo. 41 | 5 y 9 |
| Gdo. 41 | 6 | Gdo. 41 | 5 y 8 | | |

| Grupo 3A Normalizado, Calmado Grano Fino | | Grupo 4 Rolado Calmado, Rolado Fino | | Grupo 4A Rolado y Calmado Grano Fino | |
|--|-----------|-------------------------------------|-------|--------------------------------------|-------|
| Material | Notas | Material | Notas | Material | Notas |
| A-131-CS | | A-573-65 | | A-662-C | |
| A-573-58 | 10 | A-573-70 | | A-573-70 | 11 |
| A-516-55 | 10 | A-516-65 | | G40.21-300W | 9, 11 |
| A-516-60 | 10 | A-516-70 | | G40.21-350W | 9, 11 |
| G40.20-260W | 9 y 10 | A-662-B | | | |
| Fe-42-D | 4, 9 y 10 | G40.21-300W | 9 | | |
| Gdo. 41 | 5, 9 10 | G40.21-350W | 9 | | |
| | | Fe-44-B,C,D | 4 y 9 | | |
| | | Fe-52-C,D | 9 | | |
| | | Gdo. 44 | 5 y 9 | | |

| Grupo 5 Normalizado, Calmado Grano Fino | | Grupo 6 Normalizado, Reducido, Calmado por Temperatura Grano Fino y Reducción al Carbón | |
|---|--------|---|-------|
| Material | Notas | Material | Notas |
| A-573-70 | 10 | A-131-EH,36 | |
| A-516-65 | 10 | A-633-C | |
| A-516-70 | 10 | A-537-I | 9 |
| G40.21-300W | 9 y 10 | A-537-II | 4 y 9 |
| G40.21-350W | 9 y 10 | A-678-A | |
| | | A-678-B | 5 y 9 |
| | | A-737-B | |

Nota 2: Debe ser semimuerto y muerto.

Nota 6: Contenido de manganeso de 0,8% a 1,2%, haciendo análisis de calor en todos los espesores.

ANEXO III:

Soldaduras en tanques de almacenamiento.

El Código A.S.M.E. sección IX, establece que toda junta soldada deberá realizarse mediante un procedimiento de soldadura de acuerdo a la clasificación de la junta y que, además, el operador deberá contar con un certificado que lo acredite como soldador calificado, el cual le permite realizar cierto tipo de soldaduras de acuerdo con la clasificación de ésta. Una vez realizada la soldadura o soldaduras, éstas se someterán a pruebas y ensayos como: ultrasonido, radiografiado, líquidos penetrantes, dureza, etc., donde la calidad de la soldadura es responsabilidad del fabricante.

Al efectuar el diseño se deben preparar procedimientos específicos de soldadura para cada caso.

Todas las soldaduras son aplicadas mediante el proceso de arco eléctrico sumergido, arco con gas inerte o electrodos recubiertos. Estos procesos pueden ser manuales o automáticos. En cualquiera de los dos casos, deberán tener penetración completa, eliminando la escoria dejada al aplicar un cordón de soldadura antes de aplicar sobre éste el siguiente cordón.

Uno de los factores determinantes para el proceso de soldadura son las dilataciones térmicas porque, al soldar las placas de acero del fondo, casco y techo, se presentan deformaciones, debido a que el incremento de temperatura es del orden de 2204 °C a 13870 °C (4,000 °F a 2,500 °F) dependiendo del proceso que se utilice.

Como el coeficiente de expansión o contracción térmica del material es del orden de 0,01651 mm para cada 38 °C (100 °F) se encogerá 1,6 mm. (1/16 pulgadas). Por tanto, si sumamos estas contracciones al diámetro del fondo para tanques de grandes dimensiones o las que se requieran en el casco de un tanque, la magnitud ya es considerable.

Debido a ello, nos vemos obligados a considerar un procedimiento de soldadura que permita evitar las deformaciones que se presentan, recomendando que la secuencia de soldado se inicie en el centro del tanque y avance hacia la periferia del fondo, soldando juntas longitudinales y, a continuación, las placas del anillo anular, si éstas existieran, dejando pendientes las soldaduras transversales del fondo, mismas que serán terminadas cuando se haya avanzando en las soldaduras del primer anillo del casco. Las pequeñas deformaciones que se permitan en el primer anillo deben ser las mínimas dentro de las tolerancias permitidas por el estándar, de lo contrario, se reflejarán en los últimos anillos, pero amplificando más o menos diez veces, por lo que las soldaduras verticales del casco deben ser alternadas y por el procedimiento de retroceso para obtener una verticalidad y circularidad aceptable. El procedimiento debe llevar un estricto control de las dimensiones del casco, a medida que se van montando las placas de

cada anillo, pero tomando en cuenta que las últimas soldaduras de cierre deberán ser siempre a una hora tal del día que se tenga la misma temperatura medida directamente sobre la superficie del material, a fin de controlar la expansión térmica que en grandes tanques puede llegar a ser del orden de 38 mm (1 1/2 pulgada). Por supuesto que se usarán todos los herrajes que requiera el procedimiento con el objeto de mantener correctas las dimensiones y llevando un registro minucioso de las mismas para decidir, en el momento, oportuno, las correcciones pertinentes, debido a alguna desviación fuera de tolerancia. También se recomienda dejar una placa del primer anillo sin soldar para ser utilizada como puerta, la cual sólo se removerá en caso absolutamente necesario para acceso de material o equipo, con la condición de que esté hecha la primera soldadura horizontal, excepto tres pies, mínimo a cada lado de dicha puerta y que lateralmente se tengan instaladas canales de refuerzo de 304,8 mm (12 pulgadas) de longitud. Para su terminación, se seguirá el método explicado para las placas principales. Para aplicar la soldadura de filete entre el primer anillo y la placa anular o la placa del fondo, se debe precalentar una longitud de 304,8 mm (12 pulgadas) hacia arriba del primer anillo a una temperatura de 100 °C a 150 °C. Las soldaduras de traslape de las placas del techo sólo se harán por la parte exterior y solamente donde existan zonas de flexión se recomendarán puntos de soldadura a cada 304,8 mm (12 pulgadas) en su parte interior, porque la doble soldadura es más perjudicial que benéfica, ya que, por el tipo de soldadura a realizar (posición sobre cabeza), será muy difícil evitar el socavado que reduce el espesor de la placa. Con el fin de

verificar si una soldadura ha sido bien aplicada, se utilizarán varias formas de inspección. Entre ellas están el radiografiado, la prueba de líquidos penetrantes y, en ocasiones, el ultrasonido. La prueba más comúnmente utilizada es la de radiografiado, la cual puede ser total o por puntos. También es necesario realizar pruebas de dureza en las soldaduras horizontales y verticales que se efectúan durante la construcción del tanque y, muy especialmente, en las soldaduras reparadas, así como también en las zonas cercanas a estos cordones.

ANEXO IV:

Requerimientos para plataformas y pasillos.

- 1.- Todos los componentes deberán ser metálicos.
- 2.- El ancho mínimo del piso será de 610 mm (24 pulgadas).
- 3.- Todo el piso deberá ser de material antiderrapante.
- 4.- La altura del barandal a partir del piso será de 1067 mm (42 pulgadas.).
- 5.- La altura mínima del rodapié será de 76 mm (3 pulgadas).
- 6.- El máximo espacio entre el suelo y la parte inferior del espesor de la placa del pasillo será de 6,35 mm (1/4 pulgada.).
- 7.- La altura del barandal central será aproximadamente la mitad de la distancia desde lo alto del pasillo a la parte superior del barandal.
- 8.- La distancia máxima entre los postes del barandal deberá ser de 1168 mm (46 pulgadas).

9.- La estructura completa tendrá que ser capaz de soportar una carga viva concentrada de 453 Kg (1000 lb), aplicada en cualquier dirección y en cualquier punto del barandal.

10.- Los pasamanos estarán en ambos lados de la plataforma, y estarán interrumpidos donde sea necesario para un acceso.

11.- Cualquier espacio mayor de 152 mm (6 pulgadas) entre el tanque y la plataforma deberá tener piso.

12.- Los corredores de los tanques que se extienden de un lado al otro del suelo o a otra estructura deberán estar soportados de tal manera que tenga un movimiento relativo libre de las estructuras unidas por los corredores; ésta puede estar acompañada por una firme atadura del corredor a los tanques, además del uso de una junta corrediza o de dilatación en el puente de contacto entre el corredor y el otro tanque (este método permite que en caso de que un tanque sufra ruptura o algún movimiento brusco, el otro no resulte dañado).

ANEXO V:

Requerimientos para escaleras.

1.- Todas las partes de la escalera serán metálicas.

2.- El ancho mínimo de las escaleras será de 610 mm (24 pulgadas).

3.- El ángulo máximo entre las escaleras y una línea horizontal será de 50°.

4.- El ancho mínimo de los peldaños será de 203 mm (8 pulgadas). La elevación será uniforme a todo lo largo de la escalera.

- 5.- Los peldaños deberán estar hechos de rejilla o material antiderrapante.
- 6.- La superior de la reja deberá estar unida a los pasamanos de la plataforma sin margen y la altura, medida verticalmente desde el nivel del peldaño hasta el borde del mismo de 762 mm a 864 mm (30 pulgadas a 34 pulgadas).
- 7.- La distancia máxima entre los postes de la rejilla medidos a lo largo de la elevación de 2438 mm (96 pulgadas).
- 8.- La estructura completa será capaz de soportar una carga viva concentrada de 453 Kg (1000 lb), y la estructura del pasamanos deberá ser capaz de soportar una carga de 90 Kg (200 lb), aplicada en cualquier dirección y punto del barandal.
- 9.- Los pasamanos deberán estar colocados en ambos lados de las escaleras rectas; éstos serán colocados también en ambos lados de las escaleras circulares cuando el claro entre cuerpo-tanque y los largueros de la escalera excedan 203 mm (8 pulgadas).
- 10.- Las escaleras circunferenciales estarán completamente soportadas en el cuerpo del tanque y los finales de los largueros apoyados en el piso.

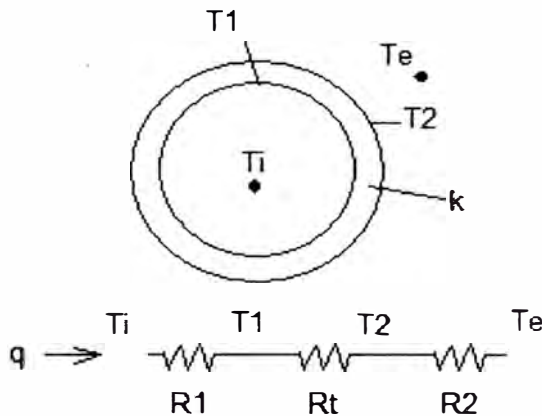
ANEXO VI:

Cálculo de serpentín de vapor.

Planteamos que el flujo de calor es un flujo unidimensional de estado estable para “pared cilíndrica”, por tanto se cumple que:

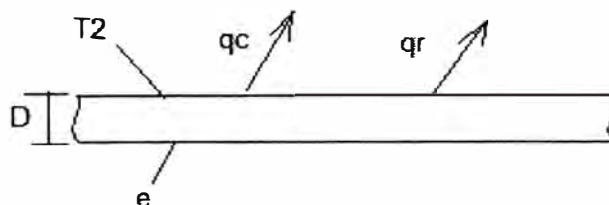
$$q = \frac{T_i - T_e}{R_1 + R_t + R_2} \dots\dots\dots(1)$$

$$R_1 = \frac{1}{2\pi L \times r_1 \times h_1}, \quad R_t = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi k L}, \quad R_2 = \frac{1}{2\pi L \times r_2 \times h_2}$$



Esquema del circuito térmico equivalente para una pared compuesta en serie y flujo de calor por conducción en una tubería.

Los valores de r_2 y r_1 se obtienen de las tablas de dimensiones de tuberías. El valor de h_2 se obtiene utilizando las ecuaciones de convección libre, considerando flujo de calor por convección y radiación. Se tiene el siguiente esquema:



Esquema de Flujo de calor por convección y radiación en una tubería.

$$q = q_c + q_r \dots\dots\dots(2)$$

Donde q es la pérdida de calor total, q_c es la pérdida de calor por convección, q_r es la pérdida de calor por radiación.

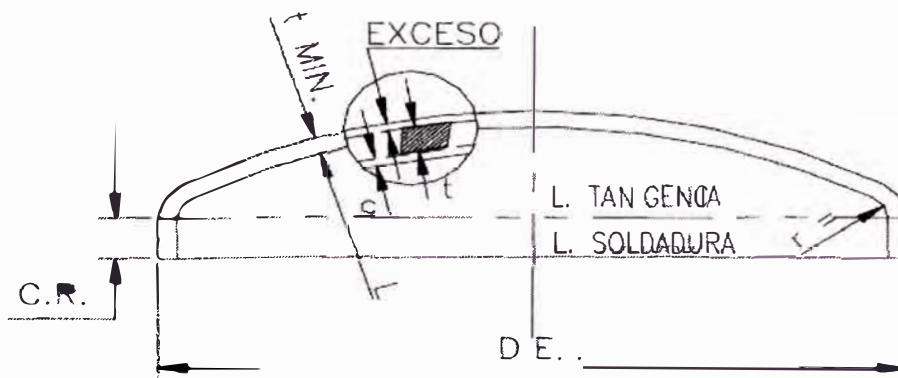
$$q_c = h\pi D(T_2 - T_e), \quad q_r = \varepsilon\pi D\sigma(T_2^4 - T_e^4)$$

Igualando (1) y (2) e iterando para varios valores de r_1 , r_2 y L hallamos la solución más adecuada.

ANEXO VII:

Cálculo de tapa semielíptica y esférica.

TAPA SEMIELIPTICA



Datos:

$$P = 130 \text{ psi}, \quad D = 0,80 \text{ m} = 31,49''$$

$$S = 32000 \text{ psi.}, \quad E = 0,85 \text{ (Tabla 2) (Acero inoxidable)}$$

$$t = \frac{PD}{2SE + 1,8P} = \frac{130 \times 25,6}{2 \times 23184 \times 0,85 + 1,8 \times 130}, \quad t = 0,075'' = 1,905 \text{ mm}$$

Sumando la corrosión: $t = 1,905 + 1/16''$ (1,58 mm) = 3,485 mm.

El espesor mínimo de la tapa debe ser 4 mm.

Por tanto, se elige un espesor de 3/16" (4,76 mm) para la tapa elíptica.

TAPA ESFERICA

Datos:

$P = 130 \text{ psi}$, $D = 0,5 \text{ m} = 9,84''$

$S = 23184 \text{ psi}$, $E = 0,85$ (Tabla 2) (Acero al carbono).

$$t = \frac{PR}{2SE - 0,2P} = \frac{130 \times 4,92}{2 \times 23184 \times 0,85 - 0,2 \times 130}, t = 0,016'' = 0,406 \text{ mm}$$

Sumando la corrosión: $t = 0,406 + 1/16''$ (1,58 mm) = 1,986 mm.

El espesor mínimo de la tapa debe ser 2 mm.

Por tanto, se elige un espesor de 1/8" (3,18 mm) para la tapa esférica.

ANEXO VIII:

Diseño de un agitador mecánico.

La potencia del agitador se calcula de distinta manera en función de que si existe régimen turbulento o régimen laminar. El tipo de régimen se determinará mediante el número de Reynolds:

$$Re = D \cdot v \cdot \rho / \mu$$

Donde:

D: diámetro de paso del aceite (m)

v: velocidad del aceite (m/s)

ρ : densidad del aceite (kg/m^3)

μ : viscosidad del aceite ($\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$)

El régimen será turbulento si $\text{Re} > 10000$ y laminar si $\text{Re} < 1$. Entre los dos quedaría el régimen de transición.

La potencia del agitador para el régimen turbulento se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P = K_T \cdot n^3 \cdot D^5 \cdot \rho \quad (\text{W})$$

Y para un régimen laminar la ecuación queda de la siguiente manera:

$$P = K_L \cdot n^2 \cdot D^3 \cdot \mu \quad (\text{W})$$

Donde:

K_T : constante de agitación.

K_L : constante de agitación laminar.

n : velocidad de rotación en revoluciones por segundo (rps)

D : diámetro del rodete (m)

ρ : densidad del aceite (kg/m^3)

μ : viscosidad del aceite ($\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$)

Existen varios tipos de rodetes:

Tipo a: De flujo radial. Es usado para aplicaciones que requieren un suave corte y turbulento giro. Particularmente es ideal para mezclas gas-liquido, por su disco circular con platinas.

Tipo b: De flujo radial. Produce los más grandes cortes, gira a alta velocidad y no requiere mucho torque.

Tipo c: De flujo radial. Para aplicaciones de alta viscosidad. Su consumo de potencia varía directamente con la altura y el diámetro del rodete. Se usa para mezclado y transferencia de calor. También para aplicaciones donde requieren deflectores en el tanque.

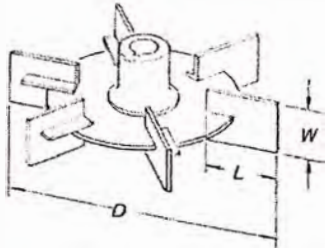

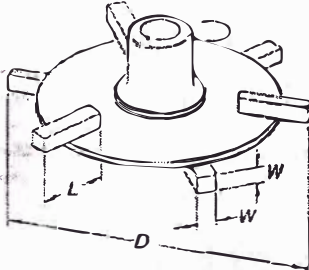
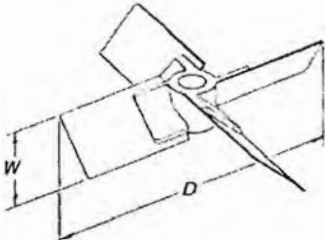
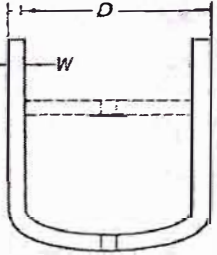
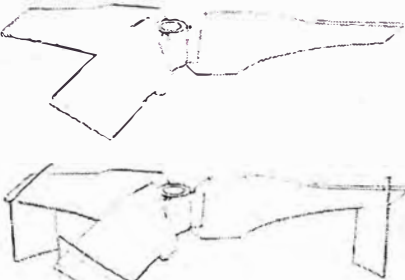
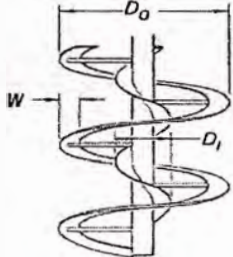
Tipo d: De flujo axial. Principalmente se utilizan en mezcladores de $\frac{1}{4}$ HP a 3 HP. Su característica es que descarga en la misma dirección de la succión. Es para flujos descendentes.

Tipo e: Ideal para modelos de plantas piloto. Este rodete es fabricado para rangos de potencia de 1 a 500 HP, y en diámetros de 18 a 120 pulgadas. Es usado principalmente para operaciones de flujo controlado.

Tipo f: Este rodete provee más flujo y menos pérdida de corte que el del tipo e. Se ofrece para potencias de 1 a 500 HP, y en diámetros de 20 a 120 pulgadas. No presentan mucha robustez, es económico y fácil mantenimiento.

Tipo g: El rodete doble espiral es ideal para materiales muy viscosos.

La tabla siguiente aclara los tipos de rodete mencionados:

| Radial | Axial |
|--|--|
|  <p>a. Flat blade $L = 1/4 D$ $W = 1/5 D$ Disk dia. = $2/3 D$</p> <p>Vertical blades bolted to support disk</p> |  <p>d. Marine propeller, 3 blades 1.5 pitch ratio</p> <p>Constant pitch, skewed-back blades</p> |
|  <p>b. Bar turbine $L = 1/4 D$ $W = 1/20 D$ Disk dia. = $2/3 D$</p> <p>Six blades – bolted/welded to top and bottom of support disk</p> |  <p>e. Axial flow, 4 blades $W = 1/5 D$ 45 deg.</p> <p>Constant angle at 45 deg.</p> |
|  <p>c. Anchor $W = 1/10 D$</p> <p>Two blades with or without cross-arm</p> |  <p>f. Axial flow, 3 blades: Blade angle and width decrease, hub to tip</p> <p>With stabilizing fins</p> |
| |  <p>g. Double spiral $D_i = 1/3 D_o$ $W = 1/6 D_o$</p> <p>Two helical flights, pitch = $1/2 D_o$</p> |

Tipos de rodetes para agitadores

ANEXO IX:

Sistema de inyección de hidrógeno y soplado de nitrógeno.

La realización de instalaciones de hidrógeno fiables y seguras requiere del conocimiento de sus propiedades físicas y de su comportamiento frente a los riesgos intrínsecos que posee cualquier instalación de combustibles. Además de conocer los principios generales de seguridad y de como debe usarse el hidrógeno de forma segura es muy importante reconocer las propiedades del hidrógeno y las peligros asociados para diseñar instalaciones y proyectos seguros sobre todo en lo que se refiere con los nuevos usos del hidrógeno. Las propiedades del hidrógeno son:

| | |
|--|---|
| Temperatura de autoignición | 858 K |
| Mínima energía para la ignición | 0.02 mJ |
| Límites de inflamabilidad en el aire | 4.1 – 75 (vol. %) |
| Límites de detonabilidad en el aire | 18.3 – 59 (vol. %) |
| Temperatura de la llama | 2318 K |
| Velocidad de detonación | 1.48 – 2.15 km/s |
| Sobrepresión de la detonación | 1470 kPa |
| Calor de combustión inferior | 120 kJ/g |
| Calor de combustión superior | 142 kJ/g |
| Velocidad de combustión a NTP | 265 – 325 cm/s |
| Porcentaje de energía térmica radiada | ≈ 21 % |
| Flujo de calor emitido | 1.53×10^{-2} kJ/cm ² ·s |
| Energía de explosión | 2 kg TNT/m ³ |
| Velocidad ascensional NTP | 1.2 – 9 cm/s |
| Velocidad de difusión en el aire a NTP | ≈ 2 cm/s |
| Coefficiente de difusión a NTP | 0.61 cm ² /s |

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| Composición estequiométrica a NTP | 29.53 vol. % |
| Limitación de oxígeno | 5 vol. % |
| Viscosidad del gas a NTP | 8.9×10^{-5} g/cm·s |
| Quenching gap a NTP | 0.06 cm |
| Densidad del gas | 0.0838 kg/m ³ |
| Peso Molecular | 2.02 g/mol |
| Punto de ebullición | 20.3 K |
| Toxicidad | No es tóxico |

A partir del concepto del potencial de explosión que significa la presencia del hidrógeno presurizado para este proceso de hidrogenación es que se contrata a la Empresa PRAXAIR a fin que nos suministren el producto y además nos den el soporte técnico necesario para su manejo y operación en la planta piloto de hidrogenación.

La idea de este sistema de inyección de hidrógeno es alimentar al reactor de hidrogenación a una presión de 40 psi, y luego de terminada la reacción se procede a un soplado del reactor con nitrógeno para expulsar tanto el hidrógeno remanente como otros gases que se hayan generado, liberándose al medio ambiente.

Las características del producto se muestran a continuación:



CODIGO : ES-GE-PT-013
VIGENCIA: 01/06/2007
REVISION: 01

TITULO: Hidrógeno 5.0

IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

| | | | |
|---------------------------------|---|----------------------------|-----------------------------------|
| Producto: | Hidrógeno 5.0 | Código | 5000706 |
| Nombre Químico | Hidrógeno | Sinónimo | Ninguno |
| Grupo Químico | Gas permanente | Fórmula | H ₂ |
| Nombre Comercial | Hidrógeno 5.0 UHP | Ficha de Emergencia | ONU 1049 |
| Nº Hoja de Seguridad | P-4604-E | Presentación | Cilindros de 1 a 8 metros cúbicos |
| Método de Llenado | Gravimétrico | Periodo de Validez | 60 meses |
| Descripción | El hidrógeno es un gas incolor, inodoro, no tóxico e inflamable. Es el gas más liviano hasta ahora conocido, siendo su densidad relativa aproximadamente 0,07 la densidad del aire. El hidrógeno está presente en la atmósfera en la concentración de 0,05 ppm por volumen en bajas altitudes. La temperatura de ignición de 565°C - 578°C no tiene una variación significativa en la quema del hidrógeno con el aire u oxígeno, a la presión atmosférica, su llama es pálida y casi invisible. | | |
| Documentos de Referencia | Hoja de Seguridad del Producto P-4604-E Norma Técnica WM-ES-24 Hidrogenio gás comprimido em cilindros POIS Product Specifications Database 1.083.400 Hydrogen Industrial Gas Toma de Muestra y Especificaciones de Productos - PC-CC-DO-009 | | |

ESPECIFICACIONES

- a) Hidrógeno (H₂) – 99,999% (v/v) mínimo;
- b) Oxígeno (O₂) – 1 ppm máx.;
- c) Hidrocarburos Totales (THC) – 0,5 ppm máx.;
- d) Humedad (H₂O) – 3 ppm máx.;
- e) Nitrógeno (N₂) - 3 ppm máx., y
- f) Olor – Ninguno

DESCRIPCION DEL ENVASE

Los cilindros, son recipientes de acero sin costura, diseñados para el almacenamiento y transporte de gases a alta presión. Construidos bajos los estándares DOT (ICC) 3AA, ISO 4705, IRAM 2526, NBR 12790; son recipientes que pueden ser utilizados para el transporte de gases comprimidos a alta presión así como su almacenamiento y suministro en sus diferentes aplicaciones. Color rojo.

Válvula para Cilindro – CGA 350

Dispositivo de Seguridad – en función a la presión de servicio

Tapa de Protección para Válvula, color rojo

Los cilindros de gases especiales deben ser entregados al cliente con el certificado de análisis del producto correspondiente

ROTULADO

Etiqueta Cuello – Hidrógeno Gases Especiales
Etiqueta Cuerpo – Hidrógeno Gases Especiales
Etiqueta Ovoide – Gases Especiales
Etiqueta Código de Barras 3 pulgadas
Lacre de PVC

INSTRUCCIONES PARA EL MUESTREO

Aplicar el procedimiento Toma de Muestra y Especificaciones de Productos - PC-CC-DO-009

MANIPULACION

Manipular los cilindros utilizando Equipos de Protección Individual (EPI):

- Ropa Nomex
- Casco de Seguridad
- Lentes de Seguridad
- Botas con punta de acero
- Guantes de caña corta de cuero

Transportar un cilindro a la vez y/o utilizar carretilla apropiada para su transporte dentro de instalaciones.

Abrir las válvulas lentamente sin golpearlas, mantener las válvulas cerradas cuando esté fuera de uso.

No arrastre, ruede o deje caer el cilindro

| ALMACENAMIENTO | | |
|---|-------------------|-------------------|
| Almacenar en ambientes secos, frescos y ventilados en posición vertical, en forma de colmena y debidamente asegurado para evitar su caída; no almacenar en ambientes confinados. Proteger los cilindros contra daños físicos, sobrecalentamientos, arcos eléctricos y salpicaduras de soldadura pues corre riesgo de explosión | | |
| ADVERTENCIAS | | |
| Gas altamente inflamable bajo presión. Puede formar mezclas explosivas con el aire. Puede causar sofocación rápidamente debido al desplazamiento del oxígeno. No remover la etiqueta. | | |
| Elaboró: | Roberto Bereta T. | Revisó: |
| | | Rocío Olivares C. |
| | | Aprobó: |
| | | Miguel Morán G. |

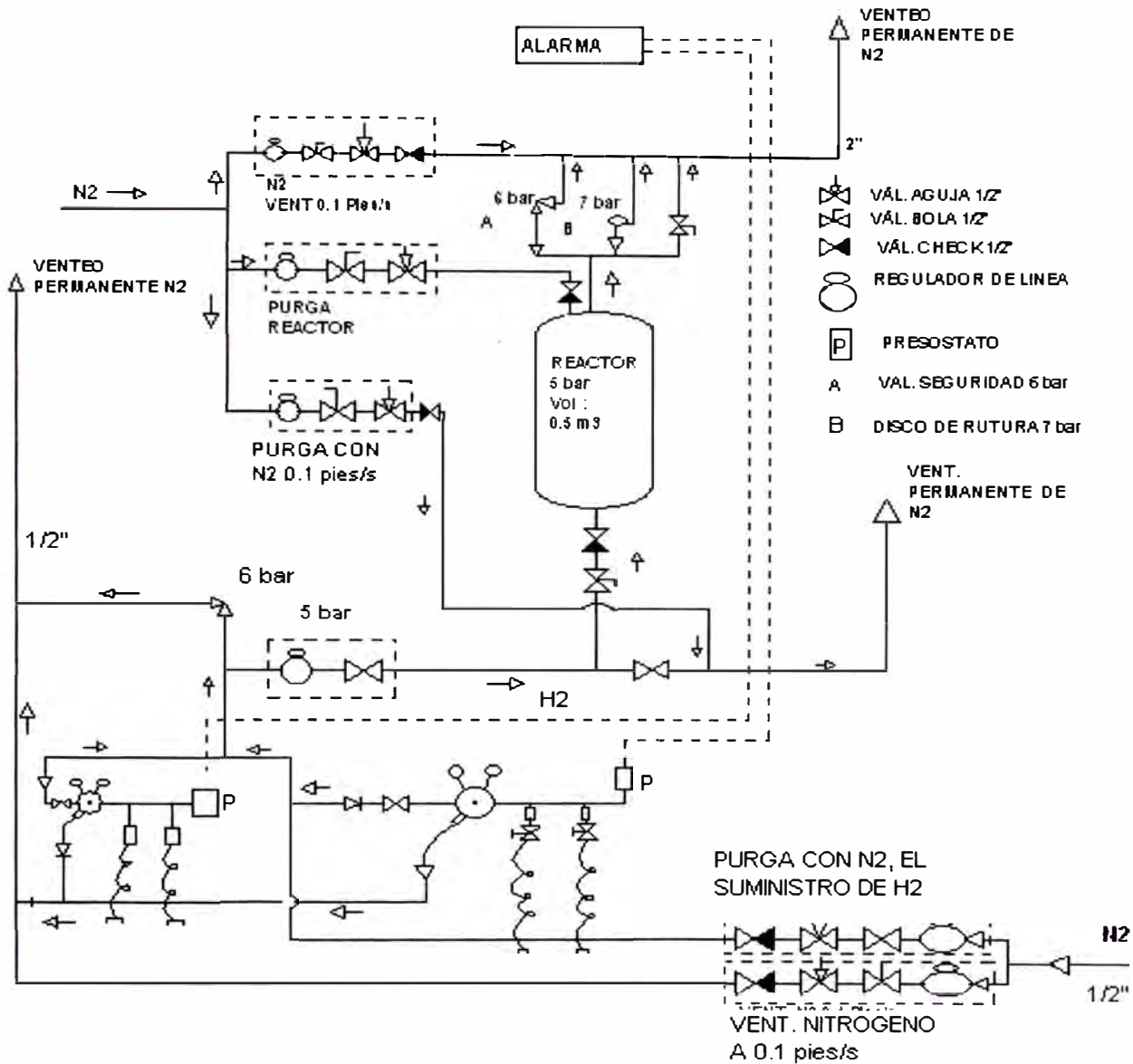
El nitrógeno se toma de la red principal de la planta, que provee este gas a una presión de 6 bar. La red de tuberías nace de un tanque presurizado de nitrógeno líquido principal que es el que alimenta a otras áreas de la planta, y que opera conjuntamente con un vaporizador (que transforma el líquido en gas), todo esto se complementa con un sistema regulador a la salida del nitrógeno que garantiza la inyección a la red de distribución.

El siguiente esquema indica la instalación realizada.

Se muestra al reactor con 1 entrada de hidrógeno por la parte inferior y 1 entrada de nitrógeno por la parte superior.

El regulador de hidrógeno está calibrado a 5 bares. Se alimenta de 2 estaciones principales cada una con 2 balones presurizados de H_2 , cada estación tiene un presostato que activa la alarma, y una válvula de soplado de N_2 que se abre cuando ésta alarma se active. El regulador de hidrógeno también dispone de un dispositivo atrapallamas a fin de evitar la ignición ante una posible fuga del gas.

SISTEMA DE HIDROGENO AL REACTOR Y PURGA CON NITROGENO



Por la parte superior del reactor se tienen 3 elementos: un disco de ruptura, una válvula de seguridad y una válvula manual simple. Cuando la presión sobrepasa los **6 bar**, la válvula de seguridad abre a fin de liberar la presión interna. Si la presión llega a **7 bar** se abre el disco de ruptura, éste disco opera como respaldo de la válvula de seguridad en caso falle. Ambos dispositivos están conectados a la línea de venteo de N_2 .

El nitrógeno es inyectado de la red principal de la planta. Primero pasa por unos reguladores de suministro los cuales distribuyen el nitrógeno en 2 líneas, una es para todos los puntos por donde pasa el hidrógeno antes que ingrese al reactor, la otra es para todos los puntos donde el hidrógeno es expulsado al medio ambiente. Estas dos líneas se denominan **líneas de venteo**.

Cada línea de purga permanente (venteo) de nitrógeno tiene además un flujómetro que se ubica a continuación del regulador, este dispositivo permite regular el flujo inyectado. Acompañan a este conjunto 2 válvulas de ingreso y salida. Los reguladores están provistos de manómetros que ayudan a prevenir si hay alguna posible fuga en el sistema.

ANEXO X:

Procedimiento inicial de operación del proceso de hidrogenación en la planta piloto.

| <u>PASO</u> | <u>PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DEL PROCESO DE HIDROGENACION</u> |
|--------------------|--|
| 1 | Purgar los condensados de vapor de todo el sistema. |
| 2 | Precalentar el aceite entre 40 - 60°C (Serpentín de vapor del tanque receptor de calentamiento). |
| 3 | Abrir línea de vacío (Presión -620 mm Hg). |
| 4 | Calentar a 95 - 100°C (Serpentín del reactor) con vacío x 15 min con agitación constante (Eliminar el exceso de humedad). |
| 5 | Adicionar el Catalítico (Níquel de 0.4 a 2Kg / TM) con vacío x 20 min con agitación constante. La cantidad de Níquel está sujeto a pruebas. |

| PASO | PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DEL PROCESO DE HIDROGENACION |
|-------------|--|
| 6 | Cerrar el vacío (Importante). |
| 7 | Inyectar H ₂ . Abrir lentamente la válvula de ingreso al reactor, con la finalidad de evitar sobrepresión y puedan romperse los sellos de carbón. |
| 8 | Observar la T° de reacción exotérmica (150 - 170°C). Relacionar % Ni con la velocidad de reacción. |
| 9 | Alcanzada una T° de 167°C, cerrar ingreso de H₂ (Con la finalidad de evitar que sobrepase los 170°C por inercia térmica). |
| 10 | Alcanzada los 170°C, abrir el ingreso y salida de agua de enfriamiento al reactor (Chaqueta del reactor). |
| 11 | En cuanto la T° del aceite baje 01°C, proceder a cerrar el ingreso de agua (Evitar que enfríe demasiado, porque puede retardar la reacción). |
| 12 | Inyectar H ₂ (Presión en el reactor 3 - 5 Bar) |
| 13 | Mantener constante la temperatura a 170°C x 01 hora. |
| 14 | Después de 01 hora tomar muestra para determinar PF, SFC, IY, IR. |
| 15 | Monitorear cada 15 minutos, tomando una muestra para los análisis correspondientes y poder determinar el punto de reacción completa del aceite (Máxima Saturación). |
| 16 | Si el resultado de los análisis se repiten en 02 oportunidades, Indicará que el aceite alcanzó su máxima saturación. (Si no reaccionara (IY o IR cte), purgar, abrir la válvula de venteo lentamente y nuevamente inyectar H₂). |
| 17 | En cuanto se logren las características del producto hidrogenado, proceder a cortar el H₂. |
| 18 | Abrir lentamente válvula bypass de venteo. |
| 19 | Cuando la Presión interna en el reactor marque 0.2 Bar, proceder abrir línea de vacío. |
| 20 | Abrir válvulas de ingreso y salida de agua de enfriamiento hasta que la T° de la grasa se encuentre entre 100 -110 °C. |
| 21 | Cerrar el vacío. |
| 22 | En el primer batch, adicionar 1% de Tonsil 269 (Formar la precapa). Homogenizar x10 minutos. |
| 23 | En los batch siguientes adicionar sólo un 0,5% de Tonsil 269. Homogenizar x 10 minutos. (Agitar sólo con la presión de vacío con el que quedó el sistema) |
| 24 | Descargar por gravedad al tanque de la Etapa Negra. |
| 25 | Recircular en el filtro prensa de la Etapa Negra, hasta que el filter test resulte negativo (presencia de tierra / Níquel). |
| 26 | Descargar al tanque de la Etapa Blanca. |
| 27 | Adicionar ácido cítrico diluido en agua (0.01% en función del peso de aceite). Utilizar agua lo suficiente para diluir el cítrico. |
| 28 | Tiempo de contacto con el aceite: 20 min. |
| 29 | Adicionar la tierra tonsil 0.125%. Homogenizar x 20 min con vacío. |
| 30 | Recircular por el filtro prensa de la Etapa Negra hasta que el aceite esté limpio. |

| PASO | PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DEL PROCESO DE HIDROGENACION |
|-------------|--|
| 31 | Sacar muestra para filter test (-), y sacar filter test (ausencia de níquel). |
| 32 | Ausencia de Níquel: Después del filter test, el mismo papel se hace la prueba de níquel. Se adiciona 02 a 03 gotitas de dimetildigloxima hasta mojar el papel, luego se pone en la boca de la botella de hidróxido de amonio. Si dá coloración rosada tenemos presencia de Níquel. |
| 33 | Si todavía existiera la presencia de Níquel, adicionar ácido cítrico y tierra decolorante, es decir repetir el proceso. |
| 24 | Conforme el producto, proceder a descargar. |

Este procedimiento es el que se desarrolló para las pruebas iniciales de la planta piloto, el cual sirvió de base para las primeras aproximaciones de los parámetros de operación a obtener.

ANEXO XI:

Diagrama de Moody.

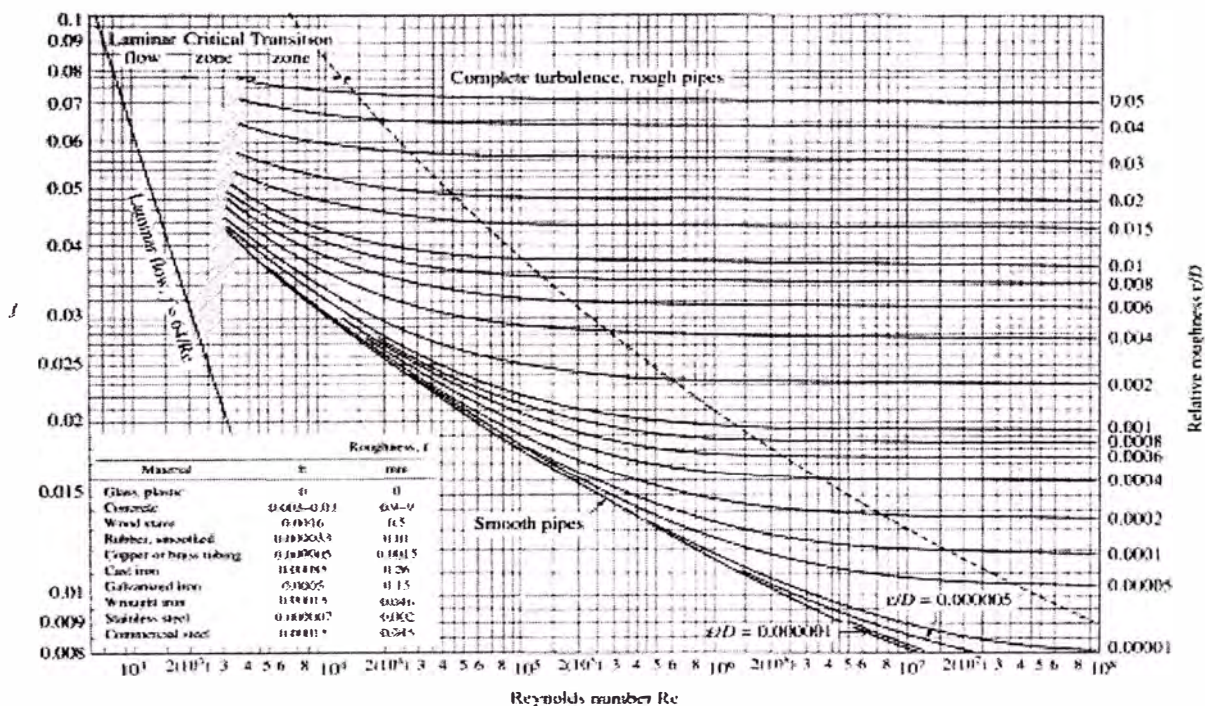
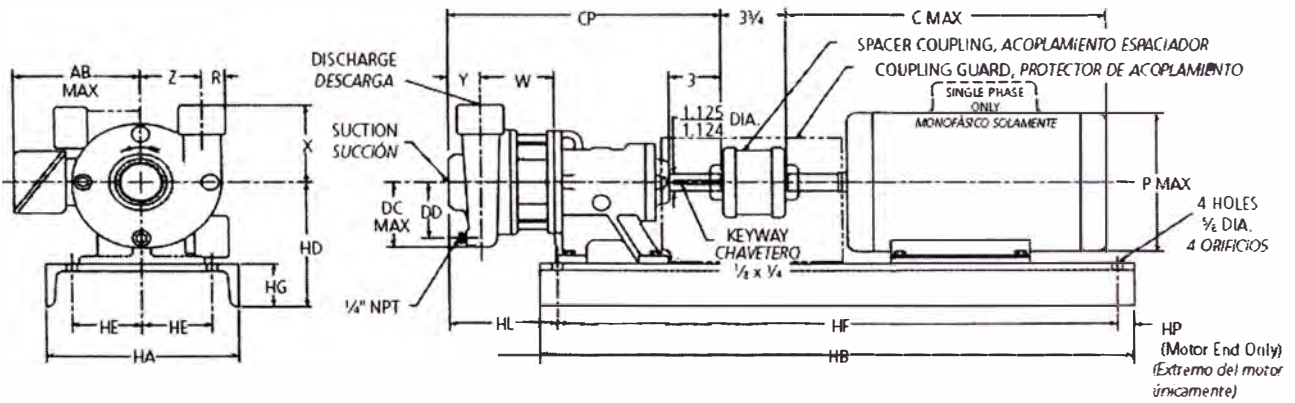


FIGURE A-27
The Moody chart for the friction factor for fully developed flow in circular tubes.

ANEXO XII:

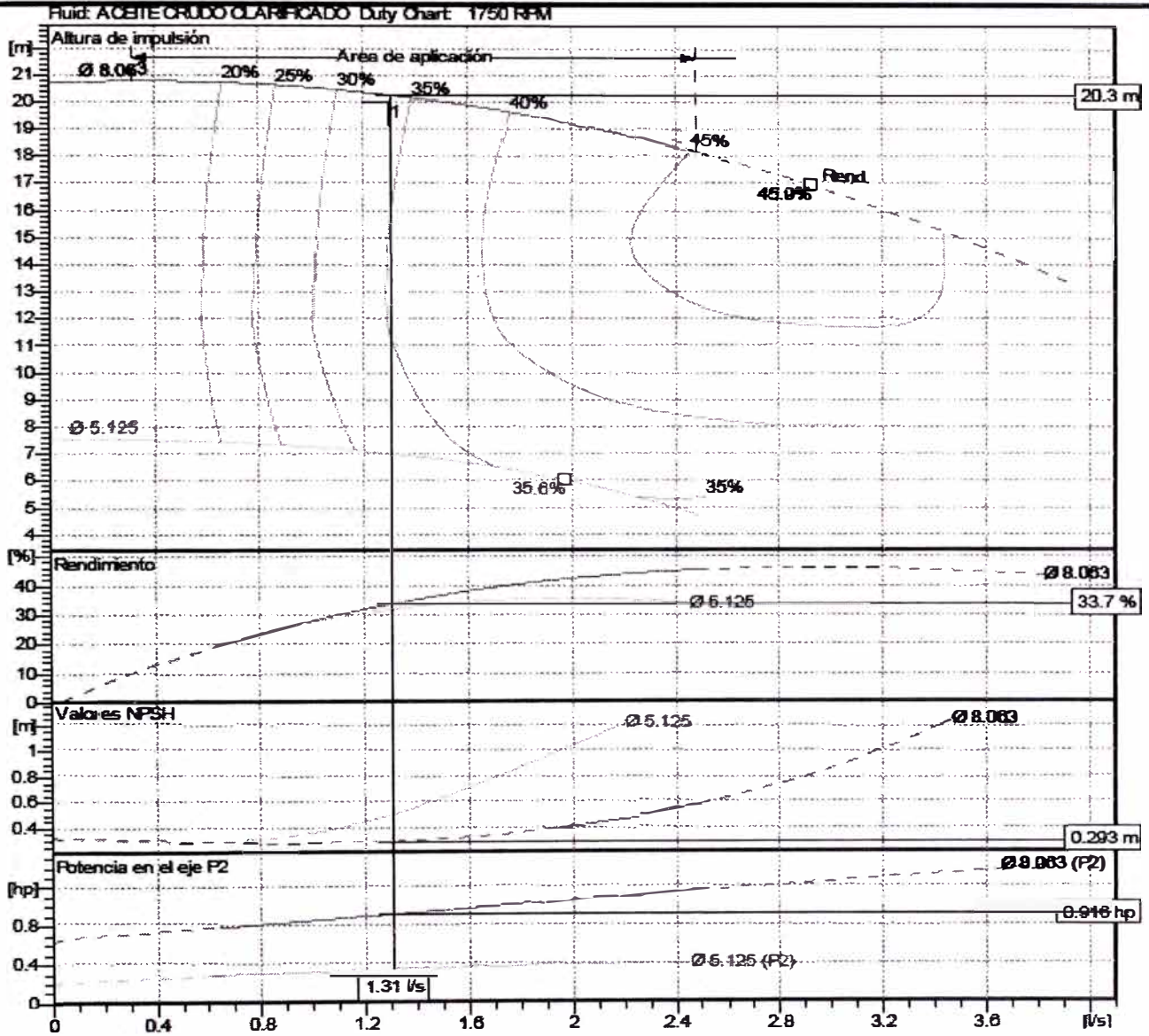
Características de la electrobomba de la etapa negra.



| Dimension | Value | Dimension | Value |
|-----------|--------------------------------|-----------|---------------------------------|
| AB max | 5 ¹ / ₄ | HG | 2 ³ / ₄ |
| C max | 13 ³ / ₈ | HL | 12 ⁵ / ₁₆ |
| CP max | 16 ³ / ₄ | HP | 3 ¹ / ₄ |
| DC max | 4 ¹ / ₄ | P max | 5 ¹ / ₄ |
| DD | 4 | R | 1 ¹ / ₁₆ |
| Discharge | 1 NPT | Suction | 2 NPT |
| HA | 10 | W | 3 ¹⁵ / ₁₆ |
| HB | 28 | X | 5 ³ / ₄ |
| HD | 8 | Y | 3 ³ / ₁₆ |
| HE | 3 ³ / ₄ | Z | 4 ¹ / ₄ |
| HF | 24 | | |

Submittal Prepared for: INDUSTRIAS DEL ESPINO
 Engineer: _____
 Submittal Prepared by: GUILLELMO O. FOL
 Submittal Date: 13.08.2008

Job: BOMBA PARA OILETE CLARIFICADO
 Contractor: _____
 Company: _____
 Approved by: _____ Date: _____



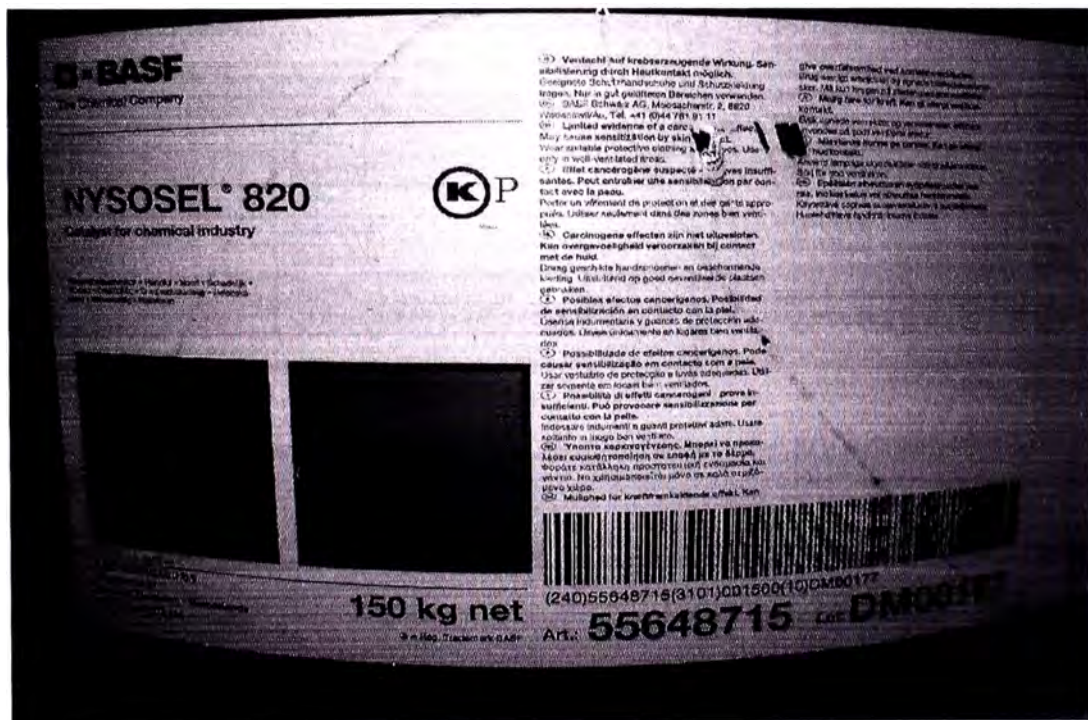
ANEXO XIII:

Características de otros insumos para el proceso de hidrogenación.

1. Catalizador.

El catalizador usado en la reacción exotérmica que ocurre en el reactor usamos este insumo llamado Nysosel 820, en un promedio de 120 kg mensual. El producto es ofrecido en envases de 150 kg.

Su composición esta basado en el níquel, metal que actúa acelerando la reacción del hidrógeno con el aceite, a una temperatura de 170 °C.



Etiqueta del catalizador NYSOSEL 820.

Las características físicas del producto se detallan en su cartilla de especificaciones técnicas.



The Chemical Company

Nysose[®] 820

Fats and oils hydrogenation catalyst

Product data

Fats and oils hydrogenation catalyst

BASF's fats and oils hydrogenation catalytic technologies are precipitated nickel catalysts on proprietary supports. They contain various levels of reduced nickel as the active metal and the catalyst powder is coated in fully hardened vegetable oil (droplet shape).

Applications of these technologies include the hydrogenation of edible and inedible oils, fatty acids, triglycerides, fatty amines and fatty acid monomer.

BASF Nysose[®] 820

BASF Nysose[®] 820 is an edible oils hydrogenation catalyst

possessing superior activity, combined with good selectivity and filterability. It is extremely resistant to catalyst poisons and is highly versatile applicable for a wide range of applications.

Samples are available for immediate shipping.

Applications

BASF Nysose[®] 820 is recommended for the partial or complete hydrogenation of marine or vegetable oils that are used in, for instance, the manufacture of salad oils, cooking oils, table spreads and shortenings. It is particularly recommended for

those applications where maximum activity and good selectivity are desired. The superior activity of BASF Nysose[®] 820 can be used to increase throughput or to reduce catalyst dosage.

Packaging

Standard packing size is 150 kg net in 210-liter steel drums (other packing sizes may be available on request).

About BASF

As the world's leading chemical company, BASF's portfolio ranges from chemicals, plastics, performance products, agricultural products and fine chemicals to crude oil and natural gas. BASF's intelligent system solutions and high-value products help its customers to be more successful. BASF develops new technologies and uses them to open up additional market opportunities. It combines economic success with environmental protection and social responsibility, thus contributing to a better future.

| Typical properties and performance | |
|---|--|
| Performance on a BASF relative scale (acceptable, good, superior) | |
| Filtration | Good |
| Activity | Superior |
| Selectivity | Good |
| Poison resistance | Superior |
| Versatility | Superior |
| Active metal | Nickel |
| Proprietary support | Coated in fully hardened vegetable oil |

Cartilla de especificaciones del catalizador NYSOSEL 820.

2. Telas filtrantes.

Las telas filtrantes son las que permiten la operación de las prensa filtro de placas. Son de un material especial, en nuestro caso usamos de nylon, por la temperatura del aceite y por el medio húmedo.

Tabla de Resistencia Química de Telas.

| | Polipropileno | Polyester | Acrilico | Fibra de Vidrio | Nomex® | Ryton® | P - 84 | Teflon® | Nylon |
|-------------------------|---------------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Temperatura (°C) | 77 | 135 | 141 | 260 | 191 | 191 | 260 | 260 | 191 |
| Abrasión | Excelente | Excelente | Bueno | Regular | Excelente | Bueno | Regular | Bueno | Bueno |
| Absorción de Energía | Bueno | Excelente | Bueno | Regular | Bueno | Bueno | Bueno | Bueno | Bueno |
| Propiedades de Filtrado | Bueno | Excelente | Bueno | Regular | Excelente | Excelente | Excelente | Regular | Excelente |
| Medio húmedo y caliente | Excelente | Malo | Excelente | Excelente | Bueno | Bueno | Bueno | Excelente | Bueno |
| Medio alcalino | Excelente | Regular | Regular | Regular | Bueno | Excelente | Regular | Excelente | Bueno |
| Mineral ácido | Excelente | Bueno | Bueno | Bueno | Regular | Excelente | Bueno | Excelente | Malo |
| oxidante (>10%) | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente | Malo | Excelente | Excelente | Bueno |

3. Papel de sacrificio.

El papel de sacrificio actúa de protección de las telas filtrantes, ya que este papel se cambia constantemente evitando que esto ocurra con las telas, debido a su alto costo. El papel es de bajo costo y fácil de instalar.

Sus especificaciones técnicas se detallan:

FiberComposites

F-60

(AB107)

CREPPED PAPER

Physical Properties

| | | |
|--|---------------------|---------|
| Grammage | 61 g/m ² | ME/001 |
| Thickness | 370 μm | ME/002 |
| Pressure drop ΔP20 ME/010 | | 54 mmWC |
| Air Permeability (*) Not cured burst strength | 130 kPa | ME/020 |
| Not cured burst strength after wetting | 73 kPa | ME/020 |
| Bubble Test - 1BP | 166 mmWC | ME/015 |
| Max Pore Size (*) | 59 μm | ME/015 |

(*) These results have been obtained using a mathematical correlation.

Test methods are conform to "Internal Methods" of Ahlstrom Barcelona S.A.U.

Data are taken from typical production runs

This Technical Data Sheet was issued by machine and it is thus valid without a signature. Ahlstrom Barcelona S.A.U. guarantees furthermore that the values of this TDS are true and correct and that reflect standard runs.

DISCLAIMER: The information supplied in this document is for guidance only and should not be construed as a warranty. All implied warranties are expressly disclaimed, including without limitation any warranty of merchantability and fitness for use. All users of the material are responsible for assuring that it is suitable for their needs, environment and end use. All data is subject to change as Ahlstrom deems appropriate. Refer to www.ahlstrom.com for contact information.

Ahlstrom Barcelona S.A.U.
April 2008

FiberSolutions

Ahlstror

4. Tierra decolorante.

La Tierra decolorante es usada durante la etapa blanca, en el tanque de blanqueo, previo a la prensa blanca. La de mayor uso en procesos de decoloración de aceites vegetales es el Tonsil.

SÜD-CHEMIE
Creating Performance Technology



TECHNICAL INFORMATION

Highly active bleaching earth

TONSIL® SUPREME 110 FF

Product description

TONSIL SUPREME 110 FF is a highly active bleaching earth used in a wide scope of applications. It is manufactured by acid activation of calcium bentonite.

TONSIL SUPREME 110 FF is a fine, greyish-white powder showing a highly porous inner structure and a multitude of acid sites upon its surface.

TONSIL SUPREME 110 FF is well suitable for the removal of polar compounds like chlorophyll, carotinoids, phospholipids and peroxides, via chemisorption and acid catalysis. The application is especially recommended for hard-to-bleach oils and fats, or if a very low bleaching earth consumption is aimed at.

TONSIL SUPREME 110 FF is very suitable for refining vegetable and animal oils and fats, moreover for finishing and/or reprocessing numerous types of mineral oils, paraffins and waxes.

Physical/chemical characteristics (typical product data)

| | | |
|--|-------------------|------|
| Apparent bulk density | g/l | 460 |
| Free moisture (2 h, 110 °C) | % | ~ 10 |
| Loss on ignition (predried, 2 h, 1.000 °C) | % | 6,2 |
| pH (10% suspension, filtered) | - | 2,8 |
| Acidity | mg KOH/g | 3,5 |
| Chloride content | mg Cl/g | 0,5 |
| Surface area (B.E.T.) | m ² /g | 285 |
| Micropore volume | | |
| 0 - 80 nm | ml/g | 0,41 |
| 0 - 25 nm | ml/g | 0,37 |
| 0 - 14 nm | ml/g | 0,32 |

Filtration properties

TONSIL SUPREME 110 FF shows excellent filtration performance as so-called "FF"-grade (FF = fast filtration). The filtration time (according to the standard method BE 0013) averages between 40 and 70 seconds.

050109-S



Particle size

Besides other methods, the particle size of TONSIL SUPREME 110 FF is determined by a sieve analysis of the dry powder. The following average values have been found for the various sieve fractions:

| | | |
|----------|---|----|
| > 150 µm | % | 6 |
| > 100 µm | % | 18 |
| > 63 µm | % | 28 |
| > 45 µm | % | 38 |
| > 25 µm | % | 58 |

Chemical analysis

TONSIL SUPREME 110 FF (dried at 110°C for 2 hours) has the following composition (average values):

| | | |
|--------------------------------|---|------|
| SiO ₂ | % | 75,5 |
| Al ₂ O ₃ | % | 12,0 |
| Fe ₂ O ₃ | % | 2,4 |
| CaO | % | 0,4 |
| MgO | % | 1,4 |
| Na ₂ O | % | 0,3 |
| K ₂ O | % | 1,0 |
| Loss on ignition | % | 6,2 |
| Total | % | 99,2 |

Further information and technical advice

All data mentioned in this leaflet are typical for this product and based on average values. Certain deviations can appear due to the processing of natural clays as a raw material. In no case are these values to be regarded as specifications. On request, certificates of analysis according to DIN (German standard regulations) for specified values of single properties can be agreed upon.

Detailed information concerning application and handling can be taken from our TONSIL booklet and from our material safety data sheet of TONSIL SUPREME 110 FF.

If desired, our Technical Service Department will readily provide further support.

All information in this publication is in accordance with our present experience and knowledge. However, since we have no influence on the way in which our products are treated and used, we cannot take any responsibility in this respect. The user must assume responsibility himself for checking whether the products are suitable for the purpose and use proposed by him. All existing proprietary rights, laws and regulations shall be observed.

ANEXO XIV:

Valores de Potencia y Corriente para motores de inducción típicos.

| POTENCIA NOMINAL | | EFICIENCIA | SIN COMPENSACION | | | | | |
|---------------------|------|------------|-----------------------|----------------------|---------------|------|------|------|
| | | | COS ϕ NOMINAL | POTENCIA APARENTE | 1-PH 220 V | 3-PH | | |
| | | | | | | 220V | 380V | 440V |
| kW | HP | % | kVA | A | A | A | A | |
| 0.37 | 0.5 | 64 | 0.73 | 0.79 | 3.6 | 1.8 | 1.03 | 0.99 |
| 0.55 | 0.75 | 68 | 0.75 | 1.1 | 4.7 | 2.75 | 1.6 | 1.36 |
| 0.75 | 1 | 72 | 0.75 | 1.4 | 6 | 3.5 | 2 | 1.68 |
| 1.1 | 1.5 | 75 | 0.79 | 1.9 | 8.5 | 4.4 | 2.6 | 2.37 |
| 1.5 | 2 | 78 | 0.8 | 2.4 | 12 | 6.1 | 3.5 | 3.06 |
| 2.2 | 3 | 79 | 0.8 | 3.5 | 16 | 8.7 | 5 | 4.42 |
| 3 | 4 | 81 | 0.8 | 4.6 | 21 | 11.5 | 6.6 | 5.77 |
| 3.7 | 5 | 82 | 0.8 | 5.6 | 25 | 13.5 | 7.7 | 7.1 |
| 4 | 5.5 | 82 | 0.8 | 6.1 | 26 | 14.5 | 8.5 | 7.9 |
| 5.5 | 7.5 | 84 | 0.83 | 7.9 | 35 | 20 | 11.5 | 10.4 |
| 7.5 | 10 | 85 | 0.83 | 10.6 | 47 | 27 | 15.5 | 13.7 |
| 9 | 12 | 86 | 0.85 | 12.3 | - | 32 | 18.5 | 16.9 |
| 10 | 13.5 | 86 | 0.85 | 13.7 | - | 35 | 20 | 17.9 |
| 11 | 15 | 87 | 0.86 | 14.7 | - | 39 | 22 | 20.1 |
| 15 | 20 | 88 | 0.86 | 19.8 | - | 52 | 30 | 26.5 |
| 18.5 | 25 | 89 | 0.86 | 24.2 | - | 64 | 37 | 32.8 |
| 22 | 30 | 89 | 0.86 | 28.7 | - | 75 | 44 | 39 |
| 25 | 35 | 89 | 0.86 | 33 | - | 85 | 52 | 45.3 |
| 30 | 40 | 89 | 0.86 | 39 | - | 103 | 60 | 51.5 |
| 33 | 45 | 90 | 0.86 | 43 | - | 113 | 68 | 58 |
| 37 | 50 | 90 | 0.86 | 48 | - | 126 | 72 | 64 |
| 40 | 54 | 91 | 0.86 | 51 | - | 134 | 79 | 67 |
| 45 | 60 | 91 | 0.86 | 57 | - | 150 | 85 | 76 |
| 51 | 70 | 91 | 0.86 | 65 | - | 170 | 98 | 83 |
| 55 | 75 | 92 | 0.86 | 70 | - | 182 | 105 | 90 |
| 59 | 80 | 92 | 0.87 | 74 | - | 195 | 112 | 97 |
| 63 | 85 | 92 | 0.87 | 79 | - | 203 | 117 | 109 |
| 75 | 100 | 92 | 0.87 | 94 | - | 240 | 138 | 125 |
| 80 | 110 | 92 | 0.87 | 100 | - | 260 | 147 | 131 |
| 90 | 125 | 92 | 0.87 | 112 | - | 295 | 170 | 146 |
| 100 | 136 | 92 | 0.87 | 125 | - | 325 | 188 | 162 |
| 110 | 150 | 93 | 0.87 | 136 | - | 356 | 205 | 178 |
| 129 | 175 | 93 | 0.87 | 159 | - | 420 | 242 | 209 |
| 132 | 180 | 94 | 0.87 | 161 | - | 425 | 245 | 215 |
| 140 | 190 | 94 | 0.87 | 171 | - | 450 | 260 | 227 |
| 147 | 200 | 94 | 0.87 | 180 | - | 472 | 273 | 236 |
| 150 | 205 | 94 | 0.87 | 183 | - | 483 | 280 | 246 |
| 160 | 220 | 94 | 0.87 | 196 | - | 520 | 300 | 256 |

| POTENCIA NOMINAL | | EFICIENCIA | SIN COMPENSACION | | | | | |
|---------------------|------|------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------------------|------|------|
| | | | COS ϕ NOMINAL | POTENCIA APARENTE kVA | 1-PH 220 V A | 3-PH 220V 380V 440V A A A | | |
| kW | HP | % | | | | | | |
| 180 | 245 | 94 | 0.87 | 220 | - | 578 | 333 | 289 |
| 185 | 250 | 94 | 0.87 | 226 | - | 595 | 342 | 295 |
| 200 | 270 | 94 | 0.88 | 242 | - | 626 | 370 | 321 |
| 220 | 300 | 94 | 0.88 | 266 | - | 700 | 408 | 353 |
| 250 | 340 | 94 | 0.88 | 302 | - | 800 | 460 | 401 |
| 257 | 350 | 94 | 0.88 | 311 | - | 826 | 475 | 412 |
| 280 | 380 | 95 | 0.88 | 335 | - | 900 | 510 | 450 |
| 295 | 400 | 95 | 0.88 | 353 | - | 948 | 546 | 473 |
| 300 | 410 | 95 | 0.88 | 359 | - | 980 | 565 | 481 |
| 315 | 430 | 95 | 0.88 | 377 | - | 990 | 584 | 505 |
| 335 | 450 | 95 | 0.88 | 401 | - | 1100 | 620 | 518 |
| 355 | 480 | 95 | 0.88 | 425 | - | 1150 | 636 | 549 |
| 375 | 500 | 95 | 0.88 | 449 | - | 1180 | 670 | 575 |
| 400 | 545 | 95 | 0.88 | 478 | - | 1250 | 710 | 611 |
| 425 | 580 | 95 | 0.88 | 508 | - | 1330 | 760 | 650 |
| 445 | 600 | 95 | 0.88 | 532 | - | 1400 | 790 | 680 |
| 450 | 610 | 95 | 0.88 | 538 | - | 1410 | 800 | 690 |
| 475 | 645 | 95 | 0.88 | 568 | - | 1490 | 850 | 730 |
| 500 | 680 | 95 | 0.88 | 598 | - | 1570 | 900 | 780 |
| 530 | 720 | 95 | 0.88 | 634 | - | 1660 | 950 | 825 |
| 560 | 760 | 95 | 0.88 | 670 | - | 1760 | 1000 | 870 |
| 600 | 810 | 95 | 0.88 | 718 | - | 1880 | 1090 | 920 |
| 630 | 855 | 95 | 0.88 | 754 | - | 1980 | 1100 | 965 |
| 670 | 910 | 95 | 0.88 | 801 | - | 2100 | 1200 | 1020 |
| 710 | 965 | 95 | 0.88 | 849 | - | - | 1260 | 1075 |
| 750 | 1030 | 95 | 0.88 | 897 | - | - | 1350 | 1160 |
| 800 | 1090 | 95 | 0.88 | 957 | - | - | 1450 | 1250 |
| 900 | 1220 | 95 | 0.88 | 1076 | - | - | 1610 | 1390 |
| 1100 | 1500 | 95 | 0.88 | 1316 | - | - | 1980 | 1700 |

ANEXO XV:

Tabla de aplicaciones de tuberías.

TABLE 1 APPLICABLE PIPE SPECIFICATIONS

| ASTM or API Designation | Title |
|--------------------------------|---|
| ASTM A 53 | Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless Steel Pipe |
| ASTM A 106 | Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service |
| ASTM A 120 | Black and Hot-Dipped Zinc-Coated (Galvanized) Welded and Seamless Steel Pipe for Ordinary Uses |
| ASTM A 134 | Electric-Fusion (Arc)-Welded Steel Pipe (Sizes NPS 16 and Over) |
| ASTM A 135 | Electric-Resistance-Welded Steel Pipe |
| ASTM A 139 | Electric-Fusion (Arc)-Welded Steel Pipe (NPS 4 and Over) |
| ASTM A 211 | Spiral-Welded Steel or Iron Pipe |
| ASTM A 312 | Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Pipes |
| ASTM A 333 | Seamless and Welded Steel Pipe for Low-Temperature Service |
| ASTM A 335 | Seamless Ferritic Alloy-Steel Pipe for High-Temperature Service |
| ASTM A 358 | Electric-Fusion-Welded Austenitic Chromium-Nickel Alloy Steel Pipe for High-Temperature Service |
| ASTM A 369 | Carbon and Ferritic Alloy Steel Forged and Bored Pipe for High-Temperature Service |
| ASTM A 376 | Seamless Austenitic Steel Pipe for High-Temperature Central-Station Service |
| ASTM A 381 | Metal-Arc-Welded Steel Pipe for Use With High-Pressure Transmission Systems |
| ASTM A 405 | Seamless Ferritic Alloy-Steel Pipe Specially Heat Treated for High-Temperature Service |
| ASTM A 409 | Welded Large Diameter Austenitic Steel Pipe for Corrosive or High-Temperature Service |
| ASTM A 430 | Austenitic Steel Forged and Bored Pipe for High-Temperature Service |
| ASTM A 523 | Plain End Seamless and Electric-Resistance-Welded Steel Pipe for High-Pressure Pipe-Type Cable Circuits |
| ASTM A 524 | Seamless Carbon Steel Pipe for Atmospheric and Lower Temperatures |
| ASTM A 530 | General Requirements for Specialized Carbon and Alloy Steel Pipe |
| ASTM A 671 | Electric-Fusion-Welded Steel Pipe for Atmospheric and Lower Temperatures |
| ASTM A 672 | Electric-Fusion-Welded Steel Pipe for High-Pressure Service at Moderate Temperatures |
| ASTM A 691 | Carbon and Alloy Steel Pipe, Electric-Fusion-Welded for High-Pressure Service at High Temperatures |
| ASTM A 714 | High-Strength Low-Alloy Welded and Seamless Steel Pipe |
| ASTM A 731 | Seamless, Welded Ferritic, and Martensitic Stainless Steel Pipe |
| ASTM A 790 | Seamless and Welded Ferritic/Austenitic Stainless Steel Pipe |
| ASTM A 795 | Black and Hot-Dipped Zinc-Coated (Galvanized) Welded and Seamless Steel Pipe for Fire Protection Use |
| API 5L | Line Pipe |

ANEXO XVI:

Consideraciones del Código Nacional de Electricidad.

030-002: Sección Mínima de Conductores.

Todos los conductores deben ser de cobre y no pueden tener una sección menor que 2,5 mm^2 para los circuitos derivados de fuerza y alumbrado y 2,5 mm^2 para los circuitos de control de alumbrado; con excepción de cordones flexibles, alambres para equipos; y alambres o cables para circuitos de control.

030-004: Capacidad de Corriente de Conductores y Cables.

(1) La máxima corriente que un conductor de una determinada dimensión y un tipo de aislamiento específico puede conducir, está definida de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP 370.301.

(a) Para cables multipolares o cables unipolares, es decir, de un solo conductor, tendidos al aire libre de acuerdo a los métodos de instalación E, F y G de la Norma Técnica Peruana NTP 370.301

(b) Para conductores en cable o canalización, tendidos en conductos de acuerdo a los métodos de instalación A1, A2, B1, B2, C y D de la Norma Técnica Peruana NTP 370.301.

(c) Para grupos de más de un circuito conformados por conductores o cables unipolares; o grupos de más de un circuito de cables multipolares pero aplicando los factores de corrección que se especifican de acuerdo al método de instalación.

(d) Para un solo conductor y un cable con 2, 3 o 4 conductores, o un cable armado o con cubierta metálica con 1, 2, 3 o 4 conductores, con conductores con secciones de 50 mm^2 o mayores (no contemplados en la NTP 370.301), tendido en forma subterránea, según lo especificado en la Norma IEC 60287.

(8) Los factores de corrección por temperatura ambiente deben ser aplicados cuando se instalen conductores en ambientes que excedan o se prevea que puedan ser diferente a los $30 \text{ }^\circ\text{C}$ para cables al aire libre y diferente a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ cuando se trata de ductos enterrados.

(9) La capacidad de corriente debe ser ajustada de acuerdo a los factores de corrección para cables embutidos en ductos con resistividades térmicas de suelo distintas de $2,5 \text{ Km/W}$.

(11) La capacidad de corriente de conductores de diferente temperatura nominal instalados en una misma canalización, debe ser determinada con base en los requerimientos del conductor que tenga la menor temperatura nominal.

(13) Cuando exista más de una capacidad de corriente aplicable a un determinado circuito, conformado por cables con un solo conductor o multiconductores, como consecuencia de la transición de una porción subterránea a otra visible, debe utilizarse el valor más bajo, con excepción de lo permitido en la Subregla (14).

(14) Cuando la porción de baja capacidad de corriente de un tramo de un circuito conformado por no más de 4 conductores no excede de 10% de la

longitud del tramo o de 3 m, lo que sea menor, puede emplearse para el tramo la mayor capacidad de corriente permitida.

030-006: Conductores con Aislamiento.

(1) Los conductores con aislamiento deben ser de alguno de los tipos especificados en la Tabla 19 para cada condición específica de uso, a excepción de consideraciones particulares de otras Secciones del Código.

TABLA 3 - Anexo de instrucciones por métodos de instalación para obtener la capacidad de corriente nominal








| Item no. | Métodos de instalación | Descripción | Referencia del método de instalación a ser usado para obtener la capacidad de corriente nominal (véase Tabla 2) |
|----------|--|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 |  Local | Conductores aislados o cables unipolar en tubo en una pared ¹⁾ | A1 |

TABLA 4- Capacidad nominal de corriente en amperes para los métodos de instalación de la Tabla 2

Aislamiento de PVC, dos conductores de carga, cobre
 Temperatura en el conductor: 70 °C. Temperatura ambiente: 30 °C al aire,
 20 °C en tierra

| Área de sección transversal nominal del conductor mm ² | Método de instalación de la Tabla 2 | | | | | |
|---|---|---|---|--|---|---|
| | A1 | A2 | B1 | B2 | C | D |
| |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Cobre | | | | | | |
| 1.5 | 14.5 | 14 | 17,5 | 16.5 | 19.5 | 22 |
| 2.5 | 19.5 | 18.5 | 24 | 23 | 27 | 29 |
| 4 | 26 | 25 | 32 | 30 | 36 | 38 |
| 6 | 34 | 32 | 41 | 38 | 46 | 47 |
| 10 | 46 | 43 | 57 | 52 | 63 | 63 |
| 16 | 61 | 57 | 76 | 69 | 85 | 81 |
| 25 | 80 | 75 | 101 | 90 | 112 | 104 |
| 35 | 99 | 92 | 125 | 111 | 138 | 125 |
| 50 | 119 | 110 | 151 | 133 | 168 | 148 |
| 70 | 151 | 139 | 192 | 168 | 213 | 183 |
| 95 | 182 | 167 | 232 | 201 | 258 | 216 |
| 120 | 210 | 192 | 269 | 232 | 299 | 246 |
| 150 | 240 | 219 | - | - | 344 | 278 |
| 185 | 273 | 248 | - | - | 392 | 312 |
| 240 | 321 | 291 | - | - | 461 | 361 |
| 300 | 367 | 334 | - | - | 530 | 408 |

NOTA: En las columnas 3, 5, 6 y 7 se asume conductores circulares para secciones hasta e inclusive 16 mm². Valores para dimensiones mayores están relacionados a la forma de los conductores y puede ser aplicado a conductores circulares.

050-100: Cálculo de Corrientes.

En el cálculo de corrientes que resulten de cargas expresadas en watts o volt-amperes, alimentadas por sistemas de corriente alterna de baja tensión, se deben emplear las tensiones nominales de 220 V o 380 V, según corresponda, o cualquier otra tensión nominal dentro del rango de baja tensión de 1 000 V o menos, que sea aplicable.

050-102: Caída de Tensión.

(1) Los conductores de los alimentadores deben ser dimensionados para que:

(a) La caída de tensión no sea mayor del 2,5%; y

(b) La caída de tensión total máxima en el alimentador y los circuitos derivados hasta la salida o punto de utilización más alejado, no exceda del 4%.

(2) Los conductores de los circuitos derivados deben ser dimensionados para que:

(a) La caída de tensión no sea mayor del 2,5%; y

(b) La caída de tensión total máxima en el alimentador y los circuitos derivados hasta la salida o punto de utilización más alejado, no exceda del 4%.

(3) En la aplicación de la Subregla (1) anterior se debe emplear la carga conectada al circuito derivado, si ésta es conocida; en caso contrario, el 80% de la menor capacidad nominal de régimen de los dispositivos de protección del circuito derivado contra sobrecarga o sobrecorriente. nominal del dispositivo de protección contra sobrecorrientes del circuito y la capacidad nominal de los conductores.

ANEXO XVII:

Diccionario de términos.

Reológicas: Referente a ciertas características físicas como la viscosidad, la plasticidad, la elasticidad y el flujo o movimiento de la materia en general.

Polinsaturado: Referente a los ácidos grasos que tienen en su cadena estequiométrica más de 2 carbonos que no presentan sus 4 enlaces saturados.

Índice de yodo: Es una escala utilizada para medir el grado de insaturación de un compuesto orgánico que contiene enlaces di-énicos o tri-énicos. Representa la cantidad de yodo que absorbe dicho compuesto del halógeno (I) en presencia del catalizador contenido en el reactivo de Wijs, que contiene triyoduro 0,1N en ambiente acético.

Catalizador: Elemento presente en las reacciones químicas cuya función es acelerar la realización de la misma, es decir aumentar la velocidad de reacción.

Organoléptico: Valoración cualitativa que se realiza a una muestra o cuerpo de agua, generalmente en campo, basada exclusivamente en la percepción de los sentidos. Aun cuando este tipo de valoración suele ser subestimada por el analista principiante, en la mayoría de los casos son precisamente los resultados del análisis organoléptico, los que visionan y dirigen los análisis de laboratorio, y los que facilitan la posterior interpretación de los resultados.



Diatomeas: Clase de algas unicelulares microscópicas (aunque existen unas pocas formas coloniales) del reino protista y dominio eucariota. Son organismos fotosintetizadores que viven en agua dulce o marina,

constituyendo una parte importante del fitoplancton. Uno de los rasgos característicos de las diatomeas es la presencia de una cubierta de sílice (dióxido de silicio hidratado).

ANEXO XVIII:

Instrumentos de equipos.

El sensor de temperatura se instaló en el reactor.

| Endress+Hauser  | | SENSOR DE TEMPERATURA | |
|---|----------------------------------|--|---|
| <small>People for Process Automation</small> | | DATA SHEET | |
| GENERAL | PROYECTO | : | |
| | Nº PROYECTO | : | |
| | TAG Nº | : | |
| | SERVICIO | : | |
| | FLUIDO | : | |
| | P&ID Nº | : | |
| | | |  Temperature |
| DATOS TECNICOS | Marca | : | Endress+Hauser |
| | Procedencia | : | Alemania |
| | Modelo | : | Omnigrad M TC10 |
| | Código | : | TC10-EBA3CDRFCB300 |
| | Certificación | : | ATEX II 1/2 GD EEx ia IIC |
| | Tipo | : | Termocupla tipo K |
| | Rango de Medición | : | -40 a to 1100 °C |
| | Longitud del Cuello (E) | : | 145mm |
| | Longitud de Inmersión (L) | : | 250 mm |
| | Diámetro del Bulbo | : | 9mm |
| | Punta | : | Reducida, L ≥ 50mm |
| | Temperatura Ambiente | : | -40°C a +85°C |
| | Conexión al Proceso | : | Rosca 1/2" NPT |
| | Conexión Eléctrica | : | M20 |
| | Transmisor | : | No incluye (Bloque terminal) |
| | Indicación | : | No incluye. |
| Materiales | : | | |
| •Cabezal | : | TA30A, Aluminio fundido con recubrimiento epóxico. | |
| •Bulbo | : | Acero inoxidable 316L. | |
| •Conexión al proceso | : | Acero inoxidable 316L. | |
| Grado de Protección | : | IP66/68 | |



El sensor de presión se instaló en el reactor.

GENERAL

PROYECTO
N° PROYECTO
TAG N°
SERVICIO
FLUIDO
P&ID N°



Pressure

DATOS TECNICOS

| | |
|------------------------------|--|
| Marca | : Endress+Hauser |
| Procedencia | : Alemania |
| Modelo | : CERABAR S PMP71 |
| Código | : PMP71-TBC1PB1RAAAU |
| Tipo de presión | : Manométrica |
| Certificación | : FM XP Cl.I Div.1 Gr.A-D, AEx d |
| Rango de Medición | : 0 a 10 bar |
| Rango de Calibración | : -0.86bar to 4.3bar |
| Presión de Sobrecarga | : 40 bar |
| Turndown | : 100:1 |
| Precisión | : ±0.075% |
| Temperatura Ambiente | : -40°C a +85°C |
| Temperatura Proceso | : -40°C a +125°C |
| Conexión a Proceso | : Rosca ANSI externa MNPT ½" y FNPT ¼" |
| Conexión Eléctrica | : 1/2"NPT |
| Salida | : 4-20mA |
| Comunicación | : HART |
| Indicación | : LCD 04 líneas, Teclado interno para configuración de parámetros. |
| Lenguaje | : Español e Ingles (Configurable) |
| Materiales | : |
| Carcasa | : Aluminio fundido con recubrimiento epóxico. |
| Diafragma | : Acero Inoxidable 316L |
| Conexión a Proceso | : Acero Inoxidable 316L |
| Fluido de Llenado | : Aceite de Silicona |
| Alimentación | : 11.5 a 30Vdc |
| Grado de Protección | : IP66/67 (NEMA 6P) |
| Incluye | : Certificado de Calibración de Fabrica : Kit de Montaje |



Los termómetros bimetalicos y los controles de nivel tipo boya se instalan en los diferentes tanques de la planta. Se adjuntan las especificaciones técnicas de ellos a continuación. Un aspecto importante en cuanto a la instalación de los instrumentos es que se tome en cuenta la selección común de una sola marca y modelo para los instrumentos repetitivos, como es el caso de los termómetros bimetalicos y de los controles de nivel tipo boya.

Termómetro bimetalico

Termómetro ejecución química • Tipo 55
con caja giratoria y orientable

Termómetros

Aplicación

Termómetro completamente de acero inoxidable. Adecuado para medios corrosivos y ambientes de procesos químico, petroquímico e industria alimenticia. Los instrumentos cumplen con las más altas exigencias en la técnica de medición.

Diámetro nominal

100 y 160 mm

Elemento de medida

Bimetal en espiral

Precisión

Clase 1 para DIN EN 13 190

Margen de trabajo

Permanente (1 año): margen de medición por DIN EN 13 190

Periodo corto (24h máx.): margen de escala por DIN EN 13 190

Presión de trabajo admisible en el inmersor

25 bar máximo

Rangos nominales y condiciones

DIN EN 13 190

Clase de protección

IP 58 / IP 65 para EN 60 529 / IEC 529

IP 65 para EN 60 529 / IEC 529 para instrumentos con contactos de alarma

Características estándar

Ubicación del inmersor

Parte trasera central

Caja

Inmersor 360°

Caja ajustable a todos los ángulos

Material: acero inoxidable

Aro

Aro bayoneta, acabado natural en acero inoxidable.

Conexión

Lisa, acero inoxidable 1.4571

Inmersor

8 mm de diámetro, acero inoxidable 1.4571

Esfera

Aluminio blanco con letras negras para DIN EN 13 190

Aguja

Aguja de aluminio negro ajustable

Mirilla

Cristal de instrumentación

Extras opcionales

- Caja e inmersor con líquido amortiguador (250 °C máx).
- Clase de protección de ingreso IP 68 (no para manómetros con contactos de alarma)
- Escala °F, K; escala doble °C/°F
- Mirilla de cristal de seguridad laminado ó plástico no ajustable
- Inmersor de diámetro 6, 10 o 12 mm
- Otras conexiones
- Vaina según DIN 43 772 u otras especificaciones para el usuario
- Contactos de alarma (véase hoja de datos AC 08.01)



Escala, márgenes de medición ¹⁾, límites de error para DIN EN 13 190, clase 1

| Margen de escala °C | Valor subdivisión °C | Rango de medida °C | Límite de error °C |
|---------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| - 70 ... + 30 | 1 | - 60 ... + 20 | 1 |
| - 50 ... + 50 | | - 40 ... + 40 | |
| - 30 ... + 50 | | - 20 ... + 40 | |
| - 20 ... + 60 | | - 10 ... + 50 | |
| 0 ... 60 | | +10 ... + 50 | |
| 0 ... 80 | 2 | +10 ... + 70 | 2 |
| 0 ... 100 | | +10 ... + 90 | |
| 0 ... 120 | | +10 ... + 110 | |
| 0 ... 160 | | +20 ... + 140 | |
| 0 ... 200 | | +20 ... + 180 | |
| 0 ... 250 | 5 | +30 ... + 220 | 2,5 |
| 0 ... 300 | | +30 ... + 270 | |
| 0 ... 400 | | +50 ... + 350 | |
| 0 ... 500 | | +50 ... + 450 | |
| 0 ... 600 | | +100 ... + 500 | |

Modelos

| Modelo | Medidas | Ubicación del inmersor / Caja |
|--------|---------|--|
| S 5550 | 100 | Parte trasera centro / ajustable a todos los ángulos |
| S 5551 | 160 | |

¹⁾ El margen de presión se indica en el dial por dos marcas triangulares. Con este margen el límite establecido de error es válido según el DIN EN 13 190.



**SENSORES
PARA LÍQUIDOS**

Interruptores de montaje lateral

INML 10 BC



INML 10 BQ



INML 10 TR



INML 20 BC



| | INML 10 BC | INML 10 BQ | INML 10 TR | INML 20 BC |
|------------------------------------|---|---|---|---|
| Función | Control de nivel para montaje horizontal en tanques o depósitos | Control de nivel para montaje horizontal en tanques o depósitos | Control de nivel para montaje horizontal en tanques o depósitos | Control de nivel para montaje horizontal en tanques o depósitos |
| Conexión a proceso | Brida 1" 1/2 NPT x 5 kg/cm ² | Brida cuadrada, 92 x 92 mm. | Rosca 1" 1/2 NPT | Brida 1" 1/2 NPT x 5 kg/cm ² |
| Conexión eléctrica | Caja de conexiones Aluminio Ø 70 x 78 mm | Caja de conexiones Aluminio Ø 70 x 78 mm | Caja de conexiones Aluminio Ø 70 x 78 mm | Caja de conexiones Aluminio Ø 70 x 78 mm |
| Salida | Microrruptor SPDT 5A / 250VCA | Microrruptor SPDT 5A / 250VCA | Microrruptor SPDT 5A / 250VCA | Contacto reed 40W / 250VCA |
| Temperatura (°C) | -10 ..+100 | -10 ..+100 | -10 ..+100 | -25 ..+200 |
| Presión (kg/cm²) | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Densidad (g/cm³) | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 |
| Flotador (mm) | Ø 41 x 150 | Ø 41 x 150 | Ø 41 x 150 | Ø 41 x 150 |
| Material | Inox AISI304 | Inox AISI304 | Inox AISI304 | Inox AISI304 |
| Material caja | Aluminio | Aluminio | Aluminio | Aluminio |
| Longitud (mm) | 270 | 270 | 260 | 270 |
| Protección caja | IP65 | IP65 | IP65 | IP65 |
| Peso (kg) | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.8 |

Interruptores de montaje lateral

INML 20 BQ



INML 20 TR



INML 30 BC



INML 30 RP



| | INML 20 BQ | INML 20 TR | INML 30 BC | INML 30 RP |
|------------------------------------|---|---|--|---|
| Función | Control de nivel para montaje horizontal en tanques o depósitos | Control de nivel para montaje horizontal en tanques o depósitos | Control de nivel para montaje horizontal en tanques o depósitos. | Control de nivel para montaje horizontal en tanques o depósitos |
| Conexión a proceso | Brida cuadrada - 92 x 92 mm | Rosca 1" 1/2 NPT | Brida 2" x 5 kg/cm ² | Racor M20 |
| Conexión eléctrica | Caja de conexiones Aluminio Ø 70 x 78 mm. | Caja de conexiones Aluminio Ø 70 x 78 mm. | Caja de conexiones ABS 80 x 85 x 55 mm. | Cable PVC, 3 m. |
| Salida | Contacto reed 40W / 250VCA | Contacto reed 40W / 250VCA | Contacto reed 50W / 60VCA | Contacto reed 50W / 60VCA |
| Temperatura (°C) | -25 ..+200 | -25 ..+200 | 0 ..+60 | 0 ..+60 |
| Presión (kg/cm²) | 30 | 15 | 4 | 2 |
| Densidad (g/cm³) | 0.55 | 0.65 | 0.60 | 0.60 |
| Flotador (mm) | Ø 50 x 150 | Ø 41 x 150 | Ø 44 x 50 | Ø 44 x 50 |
| Material | Inox AISI304 | Inox AISI304 | PP | PP |
| Longitud (mm) | 270 | 260 | 177 | 177 |
| Protección caja | IP65 | IP65 | IP65 | IP65 |
| Peso (kg) | 1,6 | 1,4 | 0,8 | 0,5 |



| Nominal Tank Diameter (See Note 1) | | Nominal Plate Thickness (See Note 2) | |
|---------------------------------------|-------------|---|-------|
| (m) | (ft) | (mm) | (in.) |
| < 15 | < 50 | 5 | 3/16 |
| 15 to < 36 | 50 to < 120 | 6 | 1/4 |
| 36 to 60 | 120 to 200 | 8 | 5/16 |
| > 60 | > 200 | 10 | 3/8 |

Tabla 1: Espesores recomendados para tanques (Perry).

Tabla 6-60. Eficiencias máximas permisibles de juntas para juntas soldadas con gas y con arco*

| Fig. 6-138 | Descripción de la junta | Grado de examen | | |
|---------------|---|------------------------------|----------------------|----------------------------|
| | | Radio- grafía completa | Examen por puntos | No examinada por puntos |
| <i>a,b</i> | Juntas por ensamble con soldadura doble o con medios que permitan obtener la misma calidad de metal soldado a ambos lados de la junta | 1.00 | 0.85 | 0.70 |
| <i>b</i> | Junta por ensamble de soldadura simple, con banda de respaldo en su lugar | 0.90 | 0.80 | 0.65 |
| <i>c</i> | Junta por ensamble de soldadura simple, sin banda de respaldo. Sólo se permite para algunas juntas perimetrales. | | | 0.60 |

* Del Código, Tabla UW-12.

Tabla 2: Eficiencias máximas permisibles de juntas para juntas soldadas con gas y con arco.

| MÁXIMO ESPESOR DEL TANQUE (mm.) | DIMENSIÓN MÍNIMA DEL FILETE (mm.) |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| 4.76 | 4.76 |
| > 4.76 - 19.05 | 6.35 |
| > 19.05 - 31.75 | 7.93 |
| > 31.75 - 44.45 | 9.52 |

Tabla 3: Dimensión mínima del filete continuo de soldadura.

| Altura Máxima del Tanque | Presión Hidrostática (Kg/cm ²) | Espesor Mínimo de la Tapa Plana | | | | Espesor mínimo del cuello y brida del registro | | | |
|--------------------------|--|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Registro de 508 | Registro de 610 | Registro de 762 | Registro de 914 | Registro de 508 | Registro de 610 | Registro de 762 | Registro de 914 |
| 6400 | 0.64 | 7.93 | 9.52 | 11.11 | 12.7 | 6.35 | 6.35 | 7.93 | 9.52 |
| 8230 | 0.82 | 9.52 | 11.11 | 12.7 | 14.28 | 6.35 | 7.93 | 9.52 | 11.11 |
| 9754 | 0.97 | 9.52 | 11.11 | 14.28 | 15.87 | 6.35 | 7.93 | 11.11 | 12.7 |
| 12192 | 1.21 | 11.11 | 12.7 | 15.87 | 17.46 | 7.93 | 9.52 | 12.7 | 14.28 |
| 13716 | 1.37 | 12.7 | 14.28 | 15.87 | 19.05 | 9.52 | 11.11 | 12.7 | 15.87 |
| 16459 | 1.64 | 12.7 | 14.28 | 17.46 | 20.63 | 9.52 | 11.11 | 14.28 | 17.46 |
| 19812 | 1.98 | 14.28 | 15.87 | 19.05 | 22.22 | 11.11 | 12.7 | 15.87 | 19.05 |
| 22860 | 2.28 | 15.87 | 17.46 | 20.63 | 23.81 | 12.7 | 14.28 | 17.46 | 20.63 |

Tabla 4: Espesor del cuello, tapa plana y brida de la entrada de hombre (en mm).

| Espesor Mínimo del Cuello del Registro y Placa de Refuerzo t y T | Radio Aproximado R | Placa de refuerzo | | Diámetro Interior de Armado del Registro | | Espesor Mínimo del Cuello Ensamblado |
|--|--------------------|-------------------------|---------|--|---|--------------------------------------|
| | | Longitud Diámetro L =Do | Ancho W | Diámetro Constante del Anillo Hembra IDr | Diámetro Constante del Anillo Macho IDp | |
| 4.76 | 4.76 | 1168 | 1397 | 575 | 508 | 4.76 |
| 6.35 | 6.35 | 1168 | 1397 | 571 | 508 | 6.35 |
| 7.93 | 7.93 | 1162 | 1391 | 568 | 508 | 6.35 |
| 9.52 | 9.52 | 1156 | 1378 | 565 | 508 | 6.35 |
| 11.11 | 11.11 | 1149 | 1365 | 562 | 508 | 6.35 |
| 12.7 | 12.7 | 1143 | 1359 | 559 | 508 | 6.35 |
| 14.28 | 14.28 | 1136 | 1346 | 556 | 508 | 6.35 |
| 15.87 | 15.87 | 1136 | 1346 | 552 | 508 | 6.35 |
| 17.46 | 17.46 | 1130 | 1333 | 549 | 508 | 6.35 |
| 19.05 | 19.05 | 1123 | 1327 | 546 | 508 | 6.35 |
| 20.63 | 20.63 | 1117 | 1314 | 542 | 508 | 6.35 |
| 22.22 | 22.22 | 1124 | 1314 | 539 | 508 | 9.52 |
| 23.81 | 22.22 | 1124 | 1321 | 536 | 508 | 11.11 |
| 25.4 | 25.4 | 1130 | 1327 | 533 | 508 | 11.11 |
| 26.98 | 25.4 | 1137 | 1333 | 530 | 508 | 11.11 |
| 28.57 | 25.4 | 1137 | 1333 | 527 | 508 | 12.7 |
| 30.16 | 25.47 | 1143 | 1340 | 524 | 508 | 14.28 |
| 31.75 | 25.4 | 1143 | 1340 | 521 | 508 | 15.87 |
| 33.33 | 25.4 | 1149 | 1346 | 517 | 508 | 15.87 |
| 34.92 | 25.4 | 1149 | 1346 | 514 | 508 | 17.46 |
| 36.51 | 25.4 | 1156 | 1352 | 511 | 508 | 17.46 |
| 38.11 | 25.4 | 1156 | 1352 | 508 | 508 | 19.05 |

Tabla 5: Dimensiones de entradas de hombres de 508 mm (en mm).

| Diámetro Nominal NPS Pulgadas in. | | Diámetro Exterior DN Milímetros mm. | | Diámetro Exterior Real (in.) mm. | | Espesor de Pared Pulgadas (in.) Milímetros (mm.) | | Identificación Weight Class Schedule | | Peso del Tubo lb/pie kg/m | | Área de La Superficie Exterior en m ² por metro lineal de tubería |
|--|----|--|-------|---|-------|--|-----|---|-------|---------------------------------|--|--|
| 1/2 | 15 | 0.840 | 21.3 | 0.109 | 2.77 | STD | 40 | 0.85 | 1.27 | 0.067 | | |
| | | | | 0.147 | 3.73 | XS | 80 | 1.09 | 1.62 | | | |
| 3/4 | 20 | 1.050 | 26.7 | 0.113 | 2.87 | STD | 40 | 1.13 | 1.69 | 0.084 | | |
| | | | | 0.154 | 3.91 | XS | 80 | 1.47 | 2.20 | | | |
| 1 | 25 | 1.315 | 33.4 | 0.133 | 3.38 | STD | 40 | 1.68 | 2.50 | 0.105 | | |
| | | | | 0.179 | 4.55 | XS | 80 | 2.17 | 3.24 | | | |
| 1-1/4 | 32 | 1.660 | 42.2 | 0.140 | 3.56 | STD | 40 | 2.27 | 3.39 | 0.132 | | |
| | | | | 0.191 | 4.85 | XS | 80 | 3.00 | 4.47 | | | |
| 1-1/2 | 40 | 1.900 | 48.3 | 0.145 | 3.68 | STD | 40 | 2.72 | 4.05 | 0.152 | | |
| | | | | 0.200 | 5.08 | XS | 80 | 3.63 | 5.41 | | | |
| 2 | 50 | 2.375 | 60.3 | 0.154 | 3.91 | STD | 40 | 3.65 | 5.44 | 0.190 | | |
| | | | | 0.218 | 5.54 | XS | 80 | 5.02 | 7.48 | | | |
| 2-1/2 | 65 | 2.875 | 73.03 | 0.203 | 5.16 | STD | 40 | 5.79 | 8.63 | 0.229 | | |
| | | | | 0.276 | 7.01 | XS | 80 | 7.66 | 11.41 | | | |
| | | | | 0.375 | 9.52 | | 160 | | | | | |
| | | | | 0.552 | 14.02 | XXS | - | | | | | |

Tabla 6: Especificaciones técnicas de tuberías de acero al carbono.

TABLE 11-2 Overall Heat-Transfer Coefficients for Coils Immersed in Liquids
U Expressed as Btu/(h · ft² · °F)

| Substance inside coil | Substance outside coil | Coil material | Agitation | U |
|--|---------------------------------|------------------|---|---------|
| Steam | Water | Lead | Agitated | 70 |
| Steam | Sugar and molasses solutions | Copper | None | 50-240 |
| Steam | Boiling aqueous solution | | | 600 |
| Cold water | Dilute organic dye intermediate | Lead | Turboagitator at 95 r.p.m. | 300 |
| Cold water | Warm water | Wrought iron | Air bubbled into water surrounding coil | 150-300 |
| Cold water | Hot water | Lead | 0.40 r.p.m. paddle stirrer | 90-360 |
| Brine | Amino acids | | 30 r.p.m. | 100 |
| Cold water | 25% oleum at 60°C. | Wrought iron | Agitated | 20 |
| Water | Aqueous solution | Lead | 500 r.p.m. sleeve propeller | 250 |
| Water | 5% NaOH | | 22 r.p.m. | 155 |
| Steam | Fatty acid | Copper (pancake) | None | 96-100 |
| Milk | Water | | Agitation | 300 |
| Cold water | Hot water | Copper | None | 105-180 |
| 60°F. water | 50% aqueous sugar solution | Lead | Mild | 50-60 |
| Steam and hydrogen at 1500 lb./sq. in. | 60°F. water | Steel | | 100-165 |
| Steam 110-146 lb./sq. in. gage | Vegetable oil | Steel | None | 23-29 |
| Steam | Vegetable oil | Steel | Various | 39-72 |
| Cold water | Vegetable oil | Steel | Various | 29-72 |

NOTES: Chilton, Drew, and Jebens [*Ind. Eng. Chem.*, 36, 510 (1944)] give film coefficients for heating and cooling agitated fluids using a coil in a jacketed vessel. Because of the many factors affecting heat transfer, such as viscosity, temperature difference, and coil size, the values in this table should be used primarily for preliminary design estimates and checking calculated coefficients.
°C = (°F - 32)/1.8; to convert British thermal units per hour-square foot-degrees Fahrenheit to joules per square meter-second-kelvins, multiply by 5.6783.

Tabla 7: Tabla de coeficientes globales de transferencia de calor para serpentines inmersos en líquidos (Perry).

| ESPECIFICACIÓN | GRADO | ESFUERZO EN PUNTO CEDENCIA | ESFUERZO A LA TENSION | ESFUERZO DE DISEÑO | ESFUERZO DE PRUEBA |
|----------------|--------|----------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| ASTM | | | | | |
| A-283 | C | 2110 | 3870 | 1410 | 1580 |
| A-285 | C | 2110 | 3870 | 1410 | 1580 |
| A-131 | A,B,CS | 2390 | 4080 | 1600 | 1750 |
| A-36 | | 2530 | 4080 | 1630 | 1750 |
| A-131 | EH36 | 2580 | 4990 | 1200 | 2140 |
| A-442 | 55 | 2110 | 3870 | 1410 | 1580 |
| A-442 | 60 | 2250 | 4220 | 1500 | 1690 |
| A-573 | 58 | 2250 | 4080 | 1500 | 1690 |
| A-573 | 65 | 2460 | 4570 | 1640 | 1850 |
| A-573 | 70 | 2950 | 4920 | 1970 | 2110 |
| A-516 | 55 | 2110 | 3870 | 1410 | 1580 |
| A-516 | 60 | 2250 | 4220 | 1500 | 1690 |
| A-516 | 65 | 2460 | 4570 | 1640 | 1850 |
| A-516 | 70 | 2670 | 4920 | 1780 | 2000 |
| A-662 | B | 2810 | 4570 | 1830 | 1960 |
| A-662 | C | 3020 | 4920 | 1970 | 2110 |
| A-537 | 1 | 3510 | 4920 | 1970 | 2110 |
| A-537 | 2 | 4220 | 5620 | 2250 | 2410 |
| A-633 | C,D | 3510 | 4920 | 1970 | 2110 |
| A-678 | A | 3510 | 4920 | 1970 | 2110 |
| A-678 | B | 4220 | 5620 | 2250 | 2410 |
| A-737 | B | 3510 | 4920 | 1970 | 2110 |

Tabla 8: Esfuerzos permisibles de materiales más comunes (Kg/cm^2).

| | | |
|--|-------------------------|--------------------|
| TYPICAL ANALYSIS | 304 | 304L |
| Chrome | 18.00-20.00 | 18.00-20.00 |
| Nickel | 8.00-11.00 | 8.00-11.00 |
| Carbon | .08 MAX. | .03 MAX. |
| Manganese | 2.0 MAX. | 2.0 MAX. |
| Silicon | 1.0 MAX. | 1.0 MAX. |
| Molybdenum | | |
| Other | | |
| MECHANICAL PROPERTIES (ANNEALED) | | |
| BRINELL HARDNESS | 170 | 160 |
| TENSILE-KSI | 85 | 75 |
| YIELD-KSI | 34 | 30 |
| ELONGATION IN 2"-% | 60 | 60 |
| RED. IN AREA-% MIN | 70 | - |
| WELDING CHARACTERISTICS | Very good - tough welds | |
| MACHINING COMPARED TO B1112 SCREW STOCK | 45% | |
| SPECIFICATIONS | | |
| AISI | 304 (BAR) | 304L (BAR) |
| ASTM | A276, A479, A580 | A276, A479 |
| AMS | 5639 | 5647 |
| QQS | 763 | 763 |
| AISI | 304 (SHEET) | 304 (PLATE) |
| ASTM | A240 | A240 |
| AMS | 5513 | 5513 |

Tabla 9: Especificaciones técnicas del acero inoxidable C304 y C304L

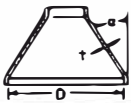
TABLE 11-7 Jacketed Vessels: Overall Coefficients

| Jacket fluid | Fluid in vessel | Wall material | Overall U* | |
|-------------------|------------------|-----------------|--------------------------------|----------------------------|
| | | | Btu/(h · ft ² · °F) | J/(m ² · s · K) |
| Steam | Water | Stainless steel | 150-300 | 850-1700 |
| Steam | Aqueous solution | Stainless steel | 80-200 | 450-1140 |
| Steam | Organics | Stainless steel | 50-150 | 285-850 |
| Steam | Light oil | Stainless steel | 60-160 | 340-910 |
| Steam | Heavy oil | Stainless steel | 10-50 | 57-285 |
| Brine | Water | Stainless steel | 40-180 | 230-1625 |
| Brine | Aqueous solution | Stainless steel | 35-150 | 200-850 |
| Brine | Organics | Stainless steel | 30-120 | 170-680 |
| Brine | Light oil | Stainless steel | 35-130 | 200-740 |
| Brine | Heavy oil | Stainless steel | 10-30 | 57-170 |
| Heat-transfer oil | Water | Stainless steel | 50-200 | 285-1140 |
| Heat-transfer oil | Aqueous solution | Stainless steel | 40-170 | 230-965 |
| Heat-transfer oil | Organics | Stainless steel | 30-120 | 170-680 |
| Heat-transfer oil | Light oil | Stainless steel | 35-130 | 200-740 |
| Heat-transfer oil | Heavy oil | Stainless steel | 10-40 | 57-230 |
| Steam | Water | Glass-lined CS | 70-100 | 400-570 |
| Steam | Aqueous solution | Glass-lined CS | 50-85 | 285-480 |
| Steam | Organics | Glass-lined CS | 30-70 | 170-400 |
| Steam | Light oil | Glass-lined CS | 40-75 | 230-425 |
| Steam | Heavy oil | Glass-lined CS | 10-40 | 57-230 |
| Brine | Water | Glass-lined CS | 30-80 | 170-450 |
| Brine | Aqueous solution | Glass-lined CS | 25-70 | 140-400 |
| Brine | Organics | Glass-lined CS | 20-60 | 115-340 |
| Brine | Light oil | Glass-lined CS | 25-65 | 140-370 |
| Brine | Heavy oil | Glass-lined CS | 10-30 | 57-170 |
| Heat-transfer oil | Water | Glass-lined CS | 30-80 | 170-450 |
| Heat-transfer oil | Aqueous solution | Glass-lined CS | 25-70 | 140-400 |
| Heat-transfer oil | Organics | Glass-lined CS | 25-65 | 140-370 |
| Heat-transfer oil | Light oil | Glass-lined CS | 20-70 | 115-400 |
| Heat-transfer oil | Heavy oil | Glass-lined CS | 10-35 | 57-200 |

*Values listed are for moderate nonproximity agitation. CS = carbon steel.

Tabla 10: Coeficientes globales para recipientes con chaqueta (Perry)

Tabla 6-58. Fórmulas de diseño de recipientes para presión interna

| Descripción | Fórmulas | | Observaciones |
|---|--|---|---|
| Concha cilíndrica | $t = \frac{PR}{SE - 0.8P}$ | $P = \frac{SEt}{R + 0.8t}$ | El esfuerzo perimetral (juntas longitudinales) cuando t no sobrepasa $0.5R$ o P no es mayor que $0.385SE$. |
| Concha esférica | $t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$ | $P = \frac{2SEt}{R + 0.2t}$ | Cuando t no sobrepasa $0.356R$ o P no es mayor que $0.665SE$. |
| Cabeza hemisférica | $t = \frac{PL}{2SE - 0.2P}$ | $P = \frac{2SEt}{L + 0.2t}$ | Cuando t no sobrepasan $0.356L$ o P es mayor que $0.665SE$. $L =$ radio interno. |
| Cabeza elipsoidal (semielipsoidal) | $t = \frac{PD}{2SE - 0.2P}$ | $P = \frac{2SEt}{D + 0.2t}$ | Para cabezas semielipsoidales en las que $h = D/4$ |
| | $t = \frac{PDK}{2SE - 0.2P}$ | $P = \frac{SEt}{DK + 0.2t}$ | Para valores de D/h de 2 a 6. $K = \frac{1}{4} \times [2 + (D/2h)^2]$ |
| Cabeza toriesférica (de plato esférico) | $t = \frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$ | $P = \frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$ | Para cabezas A. S. M. E. estándar en las que el radio mínimo de la articulación = 6% del radio interno de corona, pero no es menor que $3t$. L no debe ser de más que $D + 2t$. |
| | $t = \frac{PLM}{2SE - 0.2P}$ | $P = \frac{2SEt}{LM + 0.2t}$ | Para valores de L/r de 1 a $16 \frac{1}{2}$, $M = \frac{1}{4}(3 + \sqrt{L/r})$. r debe ser al menos de $3t$ y $0.06 \times (D + 2t)$. L no debe sobrepasar $D + 2t$. |
| Cabeza cónica sin articulación de transición  | $t = \frac{PD}{2 \cos \alpha (SE - 0.8P)}$ | $P = \frac{2SEt \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$ | Se puede necesitar un anillo de refuerzo. Véanse los párrafos del Código UAS (b) y (c). Aplicable para $\alpha \leq 30^\circ$. |

Nomenclatura:

- t = espesor de concha o cabeza, en pulg
- P = presión, en lb / pulg²
- S = esfuerzo permisible en lb / pulg²
- E = eficiencia conjunta, adimensional
- R = radio interno, en pulg
- D = diámetro interno de faldón de cabeza o longitud interna del eje mayor de una cabeza elipsoidal, en pulg
- h = profundidad interna de una cabeza elipsoidal, en pulg
- r = radio interno de charnela o articulación de una cabeza toriesférica, en pulg
- L = radio interno de cabeza hemisférica o radio de corona interna de una cabeza toriesférica, en pulg

Tabla 11: Fórmulas de diseño de recipientes para presión interna.

| TUBERIAS NORMALIZADAS DE COBRE SEGUN UNE-EN 1.057 | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| D. EXT. (mm) | ESPESOR DE PARED NOMINAL (mm) | | | | | | | | | | | |
| | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 |
| 6 | 5 | 4.8 | | 4.4 | | 4 | | | | | | |
| 8 | 7 | 6.8 | | 6.4 | | 6 | | | | | | |
| 10 | 9 | 8.8 | 8.6 | 8.4 | | 8 | | | | | | |
| 12 | 11 | 10.8 | 10.6 | 10.4 | | 10 | | | | | | |
| 14 | | | 12.6 | 12.4 | | 12 | | | | | | |
| 15 | 14 | | 13.6 | 13.4 | | 13 | | 12.6 | 12 | | | |
| 16 | | | | 14.4 | | 14 | | 13.6 | | | | |
| 18 | | 16.8 | | 16.4 | | 16 | | 15.6 | 15 | | | |
| 22 | | 20.8 | | 20.4 | 20.2 | 20 | 19.8 | 19.6 | 19 | | | |
| 25 | | | | | | 23 | | 22.6 | 22 | | | |
| 28 | | 26.8 | | 26.4 | 26.2 | 26 | | 25.6 | 25 | | | |
| 35 | | | 33.6 | 33.4 | | 33 | 32.8 | 32.6 | 32 | 31 | | |
| 40 | | | | | | 38 | 37.8 | | | | | |
| 42 | | | | 40.4 | | 40 | | 39.6 | 39 | 38 | | |
| 54 | | | | 52.4 | 52.2 | 52 | | 51.6 | 51 | 50 | | |
| 64 | | | | | | | | | 61 | 60 | 59 | |
| 66.7 | | | | | | 64.7 | | 64.3 | 63.7 | 62.7 | 61.7 | |
| 70 | | | | | | | | | | 66 | 65 | |
| 76.1 | | | | | | | | 73.7 | 73.1 | 72.1 | 71.1 | |
| 80 | | | | | | 78 | | | | 76 | | |
| 88.9 | | | | | | | | | | 84.9 | 83.9 | 82.9 |
| 108 | | | | | | | | 105.6 | 105 | 104 | 103 | 102 |
| 133 | | | | | | | | | 130 | 129 | | 127 |
| 159 | | | | | | | | | 156 | 155 | | 153 |
| 219 | | | | | | | | | | | | 213 |
| 267 | | | | | | | | | | | | 261 |

EN NEGRILLA: DIMENSIONES EUROPEAS RECOMENDADAS.
NORMAL: OTRAS DIMENSIONES EUROPEAS.

Tabla 12: Dimensiones de tuberías de cobre.

TABLA A.3

Propiedades de líquidos, sólidos y alimentos comunes

| Sustancia | Datos de ebullición a 1 atm | | Datos de congelación | | Propiedades de líquido | | |
|---|--------------------------------|--|--------------------------|--|------------------------|----------------------------|------------------|
| | Punto normal de ebullición, °C | Calor latente de vaporización, h_v , kJ/kg | Punto de congelación, °C | Calor latente de fusión, h_f , kJ/kg | Temp., °C | Densidad | Calor específico |
| | | | | | | ρ , kg/m ³ | C_p , kJ/kg °C |
| Aceite (ligero) | | | | | 25 | 910 | 1.80 |
| Agua | 100 | 2 257 | 0.0 | 333.7 | 0 | 1 000 | 4.23 |
| | | | | | 25 | 997 | 4.18 |
| | | | | | 50 | 988 | 4.18 |
| | | | | | 75 | 975 | 4.19 |
| | | | | | 100 | 958 | 4.22 |
| Alcohol etílico | 78.6 | 855 | -156 | 108 | 20 | 789 | 2.84 |
| Amoniaco | -33.3 | 1 367 | -77.7 | 322.4 | -33.3 | 682 | 4.43 |
| | | | | | -20 | 665 | 4.52 |
| | | | | | 0 | 639 | 4.60 |
| | | | | | 25 | 602 | 4.80 |
| Argón | -185.9 | 161.6 | -189.5 | 28 | -185.5 | 1 394 | 1.14 |
| Benceno | 80.2 | 394 | 5.5 | 126 | 20 | 879 | 1.72 |
| Dióxido de carbono | -78.4* | 230.5 (a 0°C) | -56.6 | — | 0 | 298 | 0.59 |
| Etanol | 78.2 | 838.3 | -114.2 | 109 | 25 | 783 | 2.46 |
| Etilén glicol | 198.1 | 800.1 | -10.8 | 181.1 | 20 | 1 109 | 2.84 |
| Glicerina | 179.9 | 974 | 18.9 | 200.6 | 20 | 1 261 | 2.32 |
| Helio | -268.9 | 22.8 | — | — | -268.9 | 146.2 | 22.8 |
| Hidrógeno | -252.8 | 445.7 | -259.2 | 59.5 | -252.8 | 70.7 | 10.0 |
| Isobutano | -11.7 | 367.1 | -160 | 105.7 | -11.7 | 593.8 | 2.28 |
| Mercurio | 356.7 | 294.7 | -38.9 | 11.4 | 25 | 13 550 | 0.139 |
| Metano | -161.5 | 510.4 | -182.2 | 58.4 | -161.5 | 423 | 3.49 |
| | | | | | -100 | 301 | 5.79 |
| Metanol | 64.5 | 1 100 | -97.7 | 99.2 | 25 | 787 | 2.55 |
| n-Butano | -0.5 | 385.2 | -138.5 | 80.3 | -0.5 | 601 | 2.31 |
| Nitrógeno | -195.8 | 198.6 | -210 | 25.3 | -195.8 | 809 | 2.06 |
| | | | | | -160 | 596 | 2.97 |
| Octano | 124.8 | 306.3 | -57.5 | 180.7 | 20 | 703 | 2.10 |
| Oxígeno | -183 | 212.7 | -218.8 | 13.7 | -183 | 1 141 | 1.71 |
| Petróleo | — | 230-384 | — | — | 20 | 640 | 2.0 |
| Propano | -42.1 | 427.8 | -187.7 | 80.0 | -42.1 | 581 | 2.25 |
| | | | | | 0 | 529 | 2.53 |
| | | | | | 50 | 449 | 3.13 |
| Queroseno | 204-293 | 251 | -24.9 | — | 20 | 820 | 2.00 |
| Refrigerante 134a | -26.1 | 216.8 | -96.5 | — | -50 | 1 443 | 1.23 |
| | | | | | -26.1 | 1 374 | 1.27 |
| | | | | | 0 | 1 294 | 1.34 |
| | | | | | 25 | 1 206 | 1.42 |
| Salmuera (20% de cloruro de sodio por masa) | 103.9 | — | -17.4 | — | 20 | 1 150 | 3.11 |

*Temperatura de sublimación. (A presiones por debajo de la presión de punto triple de 518 kPa, el dióxido de carbono existe como sólido o como gas también, la temperatura de punto de congelamiento del dióxido de carbono es la temperatura de punto triple de -56.5°C.)

Tabla 13. Propiedades de líquidos y gases comunes.

TABLA A.1 Propiedades termofísicas de sólidos metálicos seleccionados^a

| Composición | Punto de fusión (K) | Propiedades a 300 K | | | | Propiedades a varias temperaturas (K) | | | | | | | | |
|---|---------------------|-----------------------------|------------------|---------------|---|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|------|
| | | ρ (kg/m ³) | c_p (J/kg · K) | k (W/m · K) | $\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s) | k (W/m · K)/ c_p (J/kg · K) | | | | | | | | |
| | | | | | | 100 | 200 | 400 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1500 | 2000 |
| Acero puro | 1810 | 7870 | 447 | 80.2 | 23.1 | 134 216 | 94.0 384 | 69.5 490 | 34.7 574 | 43.3 680 | 32.8 975 | 28.7 809 | 32.1 654 | |
| Aceros al carbón | | | | | | | | | | | | | | |
| Carbón ordinario (Mn \leq 1%, Si \leq 0.1%) | | 7854 | 434 | 60.5 | 17.7 | | | 56.7 487 | 48.0 559 | 39.2 685 | 30.0 1169 | | | |
| AISI 1010 | | 7832 | 434 | 63.9 | 18.8 | | | 58.7 487 | 48.8 559 | 39.2 685 | 31.3 1168 | | | |
| Carbón-silicio (Mn \leq 1%, 0.1% < Si \leq 0.6%) | | 7817 | 446 | 51.9 | 14.9 | | | 49.8 501 | 44.0 582 | 37.4 699 | 29.3 971 | | | |
| Carbón-manganeso-silicio (1% < Mn \leq 1.65%, 0.1% < Si \leq 0.6%) | | 8131 | 434 | 41.0 | 11.6 | | | 42.2 487 | 39.7 559 | 35.0 685 | 27.6 1090 | | | |
| Aceros con cromo (bajo) (Cr - Mo - Si) (0.18% C, 0.65% Cr, 0.23% Mo, 0.6% Si) | | 7822 | 444 | 37.7 | 10.9 | | | 38.2 492 | 36.7 575 | 33.3 688 | 26.9 969 | | | |
| (Cr - Mo) (0.16% C, 1% Cr, 0.54% Mo, 0.39% Si) | | 7858 | 442 | 42.3 | 12.2 | | | 42.0 492 | 39.1 575 | 34.5 688 | 27.4 969 | | | |
| (Cr - V) (0.2% C, 1.02% Cr, 0.15% V) | | 7836 | 443 | 48.9 | 14.1 | | | 46.8 492 | 42.1 575 | 36.3 688 | 28.2 969 | | | |
| Aceros inoxidables | | | | | | | | | | | | | | |
| AISI 302 | | 8055 | 480 | 15.1 | 3.91 | | | 17.3 512 | 20.0 539 | 22.8 585 | 25.4 606 | | | |
| AISI 304 | 1670 | 7900 | 477 | 14.9 | 3.95 | 9.2 272 | 12.6 402 | 16.6 515 | 19.8 557 | 22.6 582 | 25.4 611 | 28.0 640 | 31.7 682 | |
| AISI 316 | | 8238 | 468 | 13.4 | 3.48 | | | 15.2 504 | 18.3 530 | 21.3 576 | 24.2 602 | | | |
| AISI 347 | | 7978 | 480 | 14.2 | 3.71 | | | 15.8 513 | 18.9 559 | 21.9 585 | 24.7 606 | | | |

Tabla 14. Propiedades termofísicas de metales.

Factores de conversión

| | | |
|---|------------------------|---|
| Aceleración | 1 m/s ² | = 4.2520 × 10 ⁷ pie/h ² |
| Área | 1 m ² | = 1550.0 pulg ² = 10.764 pie ² |
| Energía | 1 J | = 9.4787 × 10 ⁴ Btu |
| Fuerza | 1 N | = 0.22481 lb _f |
| Transferencia de calor | 1 W | = 3.4123 Btu/h |
| Flujo de calor | 1 W/m ² | = 0.3171 Btu/h · pie ² |
| Generación de calor | 1 W/m ³ | = 0.09665 Btu/h · pie ³ |
| Coefficiente de transferencia de calor | 1 W/m ² · K | = 0.17612 Btu/h · pie ² · °F |
| Viscosidad cinemática y coeficiente de difusión | 1 m ² /s | = 3.875 × 10 ⁴ pie ² /h |
| Calor latente | 1 J/kg | = 4.2995 × 10 ⁻⁴ Btu/lb _m |
| Longitud | 1 m | = 39.370 pulg = 3.2808 pies = 0.62137 millas |
| Masa | 1 kg | = 2.2046 lb _m |
| Densidad de masa | 1 kg/m ³ | = 0.062428 lb _m /pie ³ |
| Flujo de masa | 1 kg/s | = 7936.6 lb _m /h |
| Coefficiente de transferencia de masa | 1 m/s | = 1.1811 × 10 ⁴ pie/h |
| Presión y tensión ¹ | 1 N/m ² | = 0.020886 lb _f /pie ² = 1.4504 × 10 ⁻⁴ lb _f /pulg ² = 4.015 × 10 ⁻³ pulg de agua = 2.953 × 10 ⁻⁴ pulg de Hg = 1 atmósfera estándar = 1 bar |
| Calor específico | 1 J/kg · K | = 2.3886 × 10 ⁻⁴ Btu/lb _m · °F |
| Temperatura | K | = (5/9)°R = (5/9)(°F + 459.67) = °C + 273.15 = 1°C = (9/5)°R = (9/5)°F |
| Diferencia de temperatura | 1 K | = 0.57782 Btu/h · pie · °F |
| Conductividad térmica | 1 W/m · K | = 0.52750 °F/h · Btu |
| Resistencia térmica | 1 K/W | = 2419.1 lb _m /pie · h |
| Viscosidad (dinámica) ² | 1 N · s/m ² | = 5.8016 × 10 ⁻⁶ lb _f · h/pie ² = 6.1023 × 10 ⁴ pulg ³ = 35.314 pie ³ = 264.17 galones |
| Volumen | 1 m ³ | = 1.2713 × 10 ⁵ pie ³ /h |
| Flujo de volumen | 1 m ³ /s | = 2.1189 × 10 ³ pie ³ /min = 1.5850 × 10 ⁴ galón/min |

¹ El nombre SI para la cantidad de presión es Pascal (Pa) con unidades N/m² o kg/m · s².

² También se expresa en unidades equivalentes de kg/s · m.

Tabla 15. Factores de conversión..

Tabla A.6 Propiedades termofísicas de agua saturada*

| Temperatura, T (K) | Presión, P (bars) ^b | Volumen específico (m ³ /kg) | | Entalpía de vaporización | Calor específico (kJ/kg · K) | | Viscosidad (N · s/m ²) | | Conductividad térmica (W/m · K) | | Número de Prandtl | | Tensión superficial | Coefficiente de expansión | Temperatura T (K) |
|----------------------|----------------------------------|---|--------|--------------------------|------------------------------|-----------|------------------------------------|--------------------|---------------------------------|------------------|-------------------|--------|-----------------------------|---|---------------------|
| | | $v_f \cdot 10^3$ | v_g | h_{fg} (kJ/kg) | $c_{p,f}$ | $c_{p,g}$ | $\mu_f \cdot 10^6$ | $\mu_g \cdot 10^6$ | $k_f \cdot 10^3$ | $k_g \cdot 10^3$ | Pr_f | Pr_g | $\sigma_f \cdot 10^3$ (N/m) | $\beta_f \cdot 10^6$ (K ⁻¹) | |
| 273.15 | 0.00611 | 1.000 | 206.3 | 2502 | 4.217 | 1.854 | 1750 | 8.02 | 569 | 18.2 | 12.99 | 0.815 | 75.5 | -68.05 | 273.15 |
| 275 | 0.00697 | 1.000 | 181.7 | 2497 | 4.211 | 1.855 | 1652 | 8.09 | 574 | 18.3 | 12.22 | 0.817 | 75.3 | -32.74 | 275 |
| 280 | 0.00990 | 1.000 | 130.4 | 2485 | 4.198 | 1.858 | 1422 | 8.29 | 582 | 18.6 | 10.76 | 0.825 | 74.8 | 46.04 | 280 |
| 285 | 0.01387 | 1.000 | 99.4 | 2473 | 4.189 | 1.861 | 1225 | 8.49 | 590 | 18.9 | 8.81 | 0.833 | 74.3 | 114.1 | 285 |
| 290 | 0.01917 | 1.001 | 69.7 | 2461 | 4.184 | 1.864 | 1080 | 8.69 | 598 | 19.3 | 7.56 | 0.841 | 73.7 | 174.0 | 290 |
| 295 | 0.02617 | 1.002 | 51.94 | 2449 | 4.181 | 1.868 | 959 | 8.89 | 606 | 19.5 | 6.62 | 0.849 | 72.7 | 227.5 | 295 |
| 300 | 0.03531 | 1.003 | 39.13 | 2438 | 4.179 | 1.872 | 855 | 9.09 | 613 | 19.6 | 5.83 | 0.857 | 71.7 | 276.1 | 300 |
| 305 | 0.04712 | 1.005 | 29.74 | 2426 | 4.178 | 1.877 | 769 | 9.29 | 620 | 20.1 | 5.20 | 0.865 | 70.9 | 320.6 | 305 |
| 310 | 0.06221 | 1.007 | 22.93 | 2414 | 4.178 | 1.882 | 695 | 9.49 | 628 | 20.4 | 4.62 | 0.873 | 70.0 | 361.9 | 310 |
| 315 | 0.08132 | 1.009 | 17.82 | 2402 | 4.179 | 1.888 | 631 | 9.69 | 634 | 20.7 | 4.16 | 0.883 | 69.2 | 400.4 | 315 |
| 320 | 0.1053 | 1.011 | 13.98 | 2390 | 4.180 | 1.895 | 577 | 9.89 | 640 | 21.0 | 3.77 | 0.894 | 68.3 | 436.7 | 320 |
| 325 | 0.1351 | 1.013 | 11.06 | 2378 | 4.182 | 1.903 | 528 | 10.09 | 645 | 21.3 | 3.42 | 0.901 | 67.5 | 471.2 | 325 |
| 330 | 0.1719 | 1.016 | 8.82 | 2366 | 4.184 | 1.911 | 489 | 10.29 | 650 | 21.7 | 3.15 | 0.908 | 66.6 | 504.0 | 330 |
| 335 | 0.2167 | 1.018 | 7.09 | 2354 | 4.186 | 1.920 | 451 | 10.49 | 656 | 22.0 | 2.88 | 0.916 | 65.8 | 535.5 | 335 |
| 340 | 0.2713 | 1.021 | 5.74 | 2342 | 4.188 | 1.930 | 420 | 10.69 | 660 | 22.3 | 2.66 | 0.925 | 64.9 | 566.0 | 340 |
| 345 | 0.3372 | 1.024 | 4.683 | 2329 | 4.191 | 1.941 | 389 | 10.89 | 668 | 22.6 | 2.45 | 0.933 | 64.1 | 595.4 | 345 |
| 350 | 0.4163 | 1.027 | 3.846 | 2317 | 4.195 | 1.954 | 365 | 11.09 | 668 | 23.0 | 2.29 | 0.942 | 63.2 | 624.2 | 350 |
| 355 | 0.5100 | 1.030 | 3.180 | 2304 | 4.199 | 1.968 | 343 | 11.29 | 671 | 23.3 | 2.14 | 0.951 | 62.3 | 652.3 | 355 |
| 360 | 0.6209 | 1.034 | 2.645 | 2291 | 4.203 | 1.983 | 324 | 11.49 | 674 | 23.7 | 2.02 | 0.960 | 61.4 | 679.9 | 360 |
| 365 | 0.7514 | 1.038 | 2.217 | 2278 | 4.209 | 1.999 | 306 | 11.69 | 677 | 24.1 | 1.91 | 0.969 | 60.5 | 707.1 | 365 |
| 370 | 0.9040 | 1.041 | 1.861 | 2265 | 4.214 | 2.017 | 289 | 11.89 | 679 | 24.5 | 1.80 | 0.978 | 59.5 | 728.7 | 370 |
| 373.15 | 1.0133 | 1.044 | 1.679 | 2257 | 4.217 | 2.029 | 279 | 12.02 | 680 | 24.8 | 1.76 | 0.984 | 58.9 | 750.1 | 373.15 |
| 375 | 1.0815 | 1.045 | 1.574 | 2252 | 4.220 | 2.036 | 274 | 12.09 | 681 | 24.9 | 1.70 | 0.987 | 58.6 | 761 | 375 |
| 380 | 1.2869 | 1.049 | 1.339 | 2239 | 4.226 | 2.057 | 260 | 12.29 | 683 | 25.3 | 1.61 | 0.999 | 57.6 | 788 | 380 |
| 385 | 1.5233 | 1.053 | 1.142 | 2225 | 4.232 | 2.080 | 248 | 12.49 | 683 | 25.8 | 1.53 | 1.004 | 56.6 | 814 | 385 |
| 390 | 1.794 | 1.058 | 0.980 | 2212 | 4.239 | 2.104 | 237 | 12.69 | 686 | 26.3 | 1.47 | 1.013 | 55.6 | 841 | 390 |
| 400 | 2.455 | 1.067 | 0.731 | 2183 | 4.256 | 2.158 | 217 | 13.05 | 688 | 27.2 | 1.34 | 1.033 | 53.6 | 896 | 400 |
| 410 | 3.302 | 1.077 | 0.553 | 2153 | 4.278 | 2.221 | 200 | 13.42 | 688 | 28.2 | 1.24 | 1.054 | 51.5 | 952 | 410 |
| 420 | 4.370 | 1.088 | 0.425 | 2123 | 4.302 | 2.291 | 185 | 13.79 | 688 | 29.8 | 1.16 | 1.075 | 49.4 | 1010 | 420 |
| 430 | 5.699 | 1.099 | 0.331 | 2091 | 4.331 | 2.369 | 173 | 14.14 | 685 | 30.4 | 1.09 | 1.10 | 47.2 | — | 430 |
| 440 | 7.333 | 1.110 | 0.261 | 2059 | 4.36 | 2.46 | 162 | 14.50 | 682 | 31.7 | 1.04 | 1.12 | 45.1 | — | 440 |
| 450 | 9.319 | 1.123 | 0.208 | 2024 | 4.40 | 2.56 | 152 | 14.85 | 678 | 33.1 | 0.99 | 1.14 | 42.9 | — | 450 |
| 460 | 11.71 | 1.137 | 0.167 | 1989 | 4.44 | 2.68 | 143 | 15.19 | 671 | 34.6 | 0.95 | 1.17 | 40.7 | — | 460 |
| 470 | 14.55 | 1.152 | 0.136 | 1951 | 4.48 | 2.79 | 136 | 15.54 | 667 | 36.3 | 0.92 | 1.20 | 38.5 | — | 470 |
| 480 | 17.90 | 1.167 | 0.111 | 1912 | 4.53 | 2.94 | 129 | 15.88 | 660 | 38.1 | 0.89 | 1.23 | 36.2 | — | 480 |
| 490 | 21.83 | 1.184 | 0.0922 | 1870 | 4.59 | 3.10 | 124 | 16.23 | 651 | 40.1 | 0.87 | 1.25 | 33.9 | — | 490 |
| 500 | 26.40 | 1.203 | 0.0766 | 1829 | 4.66 | 3.27 | 118 | 16.59 | 642 | 42.3 | 0.86 | 1.28 | 31.6 | — | 500 |
| 510 | 31.66 | 1.222 | 0.0631 | 1779 | 4.74 | 3.47 | 113 | 16.95 | 631 | 44.7 | 0.85 | 1.31 | 29.3 | — | 510 |
| 520 | 37.70 | 1.244 | 0.0525 | 1730 | 4.84 | 3.70 | 108 | 17.33 | 621 | 47.5 | 0.84 | 1.35 | 26.9 | — | 520 |
| 530 | 44.58 | 1.268 | 0.0445 | 1679 | 4.95 | 3.96 | 104 | 17.72 | 608 | 50.6 | 0.85 | 1.39 | 24.5 | — | 530 |
| 540 | 52.38 | 1.294 | 0.0375 | 1622 | 5.08 | 4.27 | 101 | 18.1 | 594 | 54.0 | 0.86 | 1.43 | 22.1 | — | 540 |
| 550 | 61.19 | 1.323 | 0.0317 | 1564 | 5.24 | 4.64 | 97 | 18.6 | 580 | 58.3 | 0.87 | 1.47 | 19.7 | — | 550 |
| 560 | 71.08 | 1.355 | 0.0269 | 1499 | 5.43 | 5.09 | 94 | 19.1 | 563 | 63.7 | 0.90 | 1.52 | 17.3 | — | 560 |
| 570 | 82.16 | 1.392 | 0.0228 | 1429 | 5.68 | 5.67 | 91 | 19.7 | 548 | 76.7 | 0.94 | 1.59 | 15.0 | — | 570 |
| 580 | 94.51 | 1.433 | 0.0193 | 1353 | 6.00 | 6.40 | 88 | 20.4 | 528 | 76.7 | 0.99 | 1.68 | 12.8 | — | 580 |
| 590 | 108.3 | 1.482 | 0.0163 | 1274 | 6.41 | 7.35 | 84 | 21.5 | 513 | 84.1 | 1.05 | 1.84 | 10.5 | — | 590 |
| 600 | 123.5 | 1.541 | 0.0137 | 1176 | 7.00 | 8.75 | 81 | 22.7 | 497 | 92.9 | 1.14 | 2.15 | 8.4 | — | 600 |
| 610 | 137.3 | 1.612 | 0.0115 | 1068 | 7.85 | 11.1 | 77 | 24.1 | 467 | 103 | 1.30 | 2.60 | 6.3 | — | 610 |
| 620 | 159.1 | 1.705 | 0.0094 | 941 | 9.35 | 15.4 | 72 | 25.9 | 444 | 114 | 1.52 | 3.46 | 4.5 | — | 620 |
| 625 | 169.1 | 1.778 | 0.0085 | 858 | 10.6 | 18.3 | 70 | 27.0 | 430 | 121 | 1.65 | 4.20 | 3.5 | — | 625 |
| 630 | 179.7 | 1.856 | 0.0075 | 781 | 12.6 | 22.1 | 67 | 28.0 | 412 | 130 | 2.0 | 4.8 | 2.6 | — | 630 |
| 635 | 190.9 | 1.935 | 0.0066 | 683 | 16.4 | 27.6 | 64 | 30.0 | 392 | 141 | 2.7 | 6.0 | 1.5 | — | 635 |
| 640 | 202.7 | 2.075 | 0.0057 | 560 | 26 | 42 | 59 | 32.0 | 367 | 155 | 4.2 | 9.6 | 0.8 | — | 640 |
| 645 | 215.2 | 2.351 | 0.0045 | 361 | 90 | — | 54 | 37.0 | 331 | 178 | 12 | 26 | 0.1 | — | 645 |
| 647.3 ^c | 221.2 | 3.170 | 0.0032 | 0 | ∞ | ∞ | 45 | 45.0 | 238 | 238 | ∞ | ∞ | 0.0 | — | 647.3 ^c |

* Adaptada de la referencia 19.

^b 1 bar = 10⁵ N/m².

^c Temperatura crítica.

Tabla 16. Propiedades termofísicas del agua saturada.

TABLA 8.4 Resumen de correlaciones de convección para flujo en un tubo circular ^{a, b, c}

| Correlación | | Condiciones |
|--|----------------------|---|
| $f = 64/Re_D$ | (8.19) | Laminar, completamente desarrollado |
| $Nu_D = 4.36$ | (8.53) | Laminar, completamente desarrollado, q_s'' uniforme, $Pr \geq 0.6$ |
| $Nu_D = 3.66$ | (8.55) | Laminar, completamente desarrollado, T_s uniforme, $Pr \geq 0.6$ |
| $Nu_D = 3.66 + \frac{0.0668(D/L)Re_D Pr}{1 + 0.04[(D/L)Re_D Pr]^{2/3}}$ | (8.56) | Laminar, longitud de entrada térmica ($Pr \gg 1$ o una longitud inicial no calentada), T_s uniforme |
| $Nu_D = 1.86 \left(\frac{Re_D Pr}{L/D} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_s} \right)^{0.14}$ | (8.57) | Laminar, longitud de entrada combinada $\{ [Re_D Pr / (L/D)]^{1/3} (\mu/\mu_s)^{0.14} \} \geq 2$, T_s uniforme, $0.48 < Pr < 16,700$, $0.0044 < (\mu/\mu_s) < 9.75$ |
| $f = 0.316 Re_D^{-1/4}$ | (8.20a) ^e | Turbulento, completamente desarrollado, $Re_D \leq 2 \times 10^4$ |
| $f = 0.184 Re_D^{-1/4}$ | (8.20b) ^e | Turbulento, completamente desarrollado, $Re_D \geq 2 \times 10^4$ |
| $f = (0.790 \ln Re_D - 3.64)^{-2}$ | (8.21) ^e | Turbulento, completamente desarrollado, $3000 \leq Re_D \leq 5 \times 10^4$ |
| $Nu_D = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^n$ | (8.60) ^d | Turbulento, completamente desarrollado, $0.6 \leq Pr \leq 160$, $Re_D \geq 10,000$, $(L/D) \geq 10$, $n = 0.4$ para $T_s > T_m$ y $n = 0.3$ para $T_s < T_m$ |
| $Nu_D = 0.027 Re_D^{4/5} Pr^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_s} \right)^{0.14}$ | (8.61) ^d | Turbulento, completamente desarrollado, $0.7 \leq Pr \leq 16,700$, $Re_D \geq 10,000$, $L/D \geq 10$ |
| $Nu_D = \frac{(f/8)(Re_D - 1000)Pr}{1 + 12.7(f/8)^{1/2}(Pr^{2/3} - 1)}$ | (8.63) ^d | Turbulento, completamente desarrollado, $0.5 < Pr < 2000$, $3000 \leq Re_D \leq 5 \times 10^6$, $(L/D) \geq 10$ |
| $Nu_D = 4.82 + 0.0185(Re_D Pr)^{0.827}$ | (8.65) | Metales líquidos, turbulento, completamente desarrollado, q_s'' uniforme, $3.6 \times 10^3 < Re_D < 9.05 \times 10^5$, $10^2 < Pr < 10^4$ |
| $Nu_D = 5.0 + 0.025(Re_D Pr)^{0.8}$ | (8.66) | Metales líquidos, turbulento, completamente desarrollado, T_s uniforme, $Pe_D > 100$ |

^aLas correlaciones de transferencia de masa se pueden obtener reemplazando Nu_D y Pr con Sh_D y Sc , respectivamente.

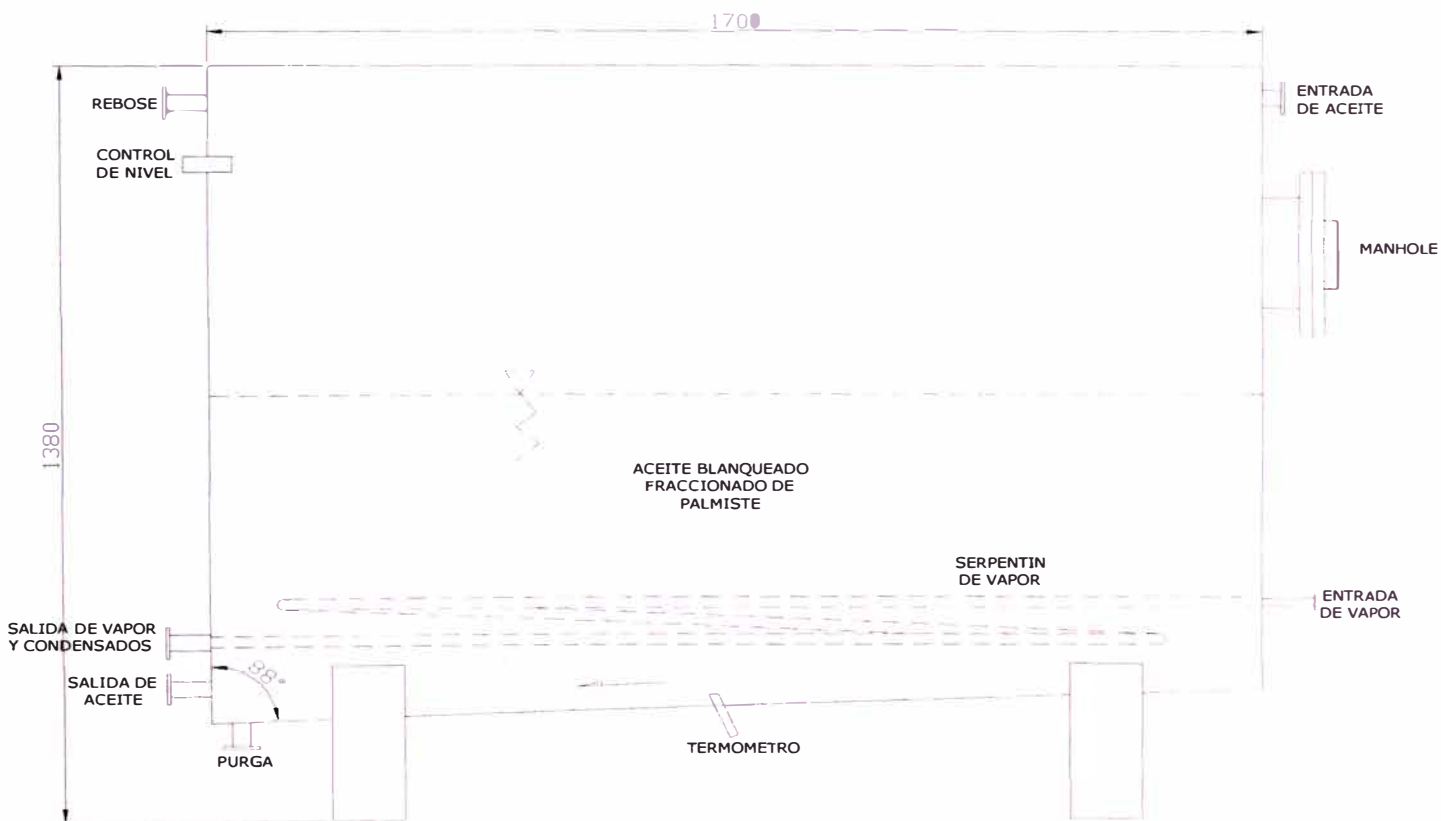
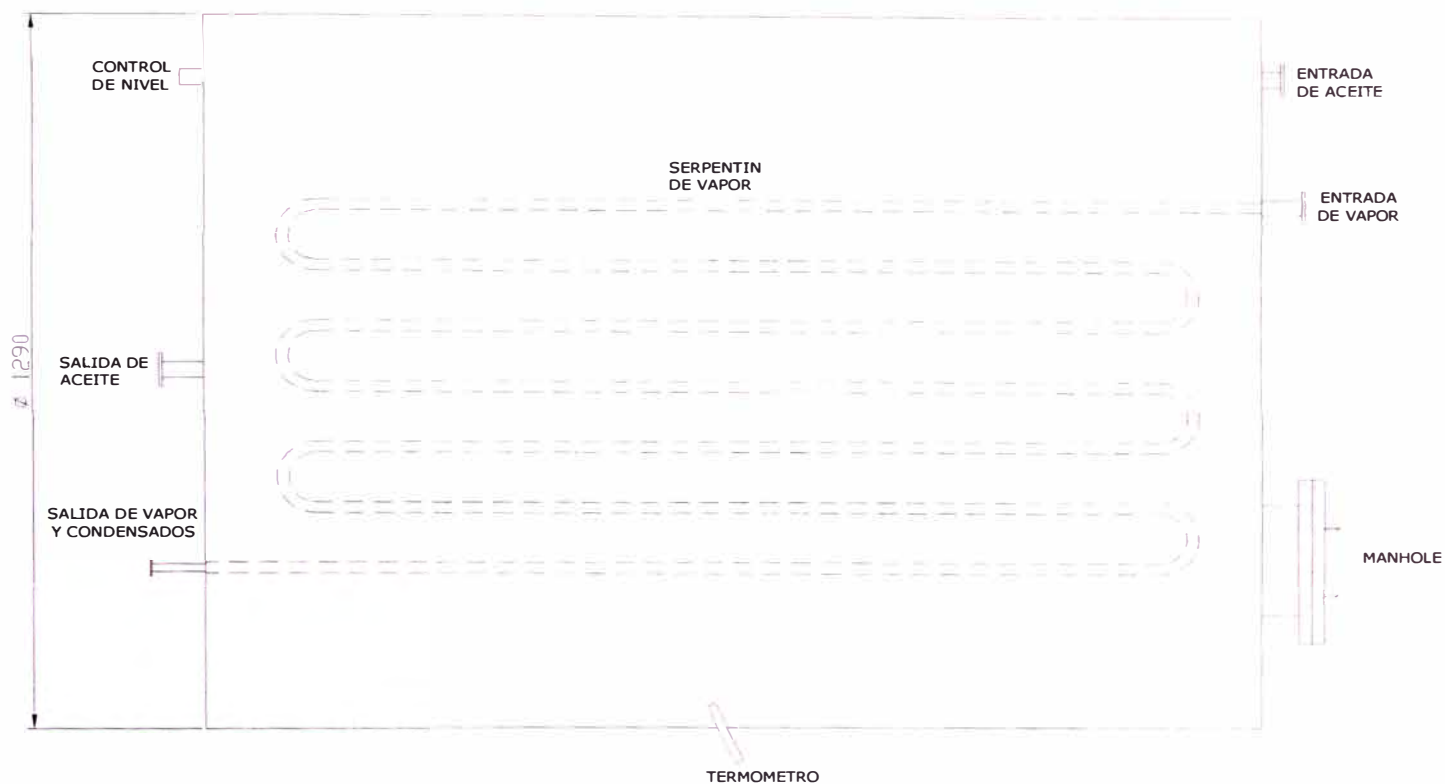
^bLas propiedades en las ecuaciones 8.53, 8.55, 8.60, 8.61, 8.63, 8.65, y 8.66 se basan en T_m ; las propiedades en las ecuaciones 8.19 a 8.21, se basan en $T_f = (T_s + T_m)/2$; las propiedades en las ecuaciones 8.56 y 8.57, se basan en $T_m = (T_{m,i} + T_{m,e})/2$

^cLas ecuaciones 8.20 y 8.21 pertenecen a tubos lisos. Para tubos rugosos, se debe usar la ecuación 8.63 con los resultados de la figura 8.5.

^dComo primera aproximación, se puede usar la ecuación 8.60, la 8.61 o la 8.63 para evaluar el número de Nusselt promedio Nu_D sobre la longitud del tubo, si $(L/D) \geq 10$. Las propiedades se deben evaluar entonces en el promedio de la temperatura media, $T_m = (T_{m,i} + T_{m,e})/2$.

^ePara tubos de sección transversal no circular, $Re_D = D \mu_m^{-1} u_m$, $D_h = 4A_c/P$, y $u_m = m \dot{Q}_c / A_c$. Los resultados para flujo laminar completamente desarrollado se proporcionan en la tabla 8.1. Para flujo turbulento, se puede usar la ecuación 8.60 como primera aproximación.

Tabla 17. Correlaciones de convección para flujo en tubo circular.



NOTA:
MEDIDAS EN MILIMETROS

PLANO:

P-1

TITULO:

PLANTA PILOTO DE HIDROGENACION-DESODORIZACION DE ACEITE BLANQUEADO-FRACCIONADO DE PALMISTE

ESCALA:

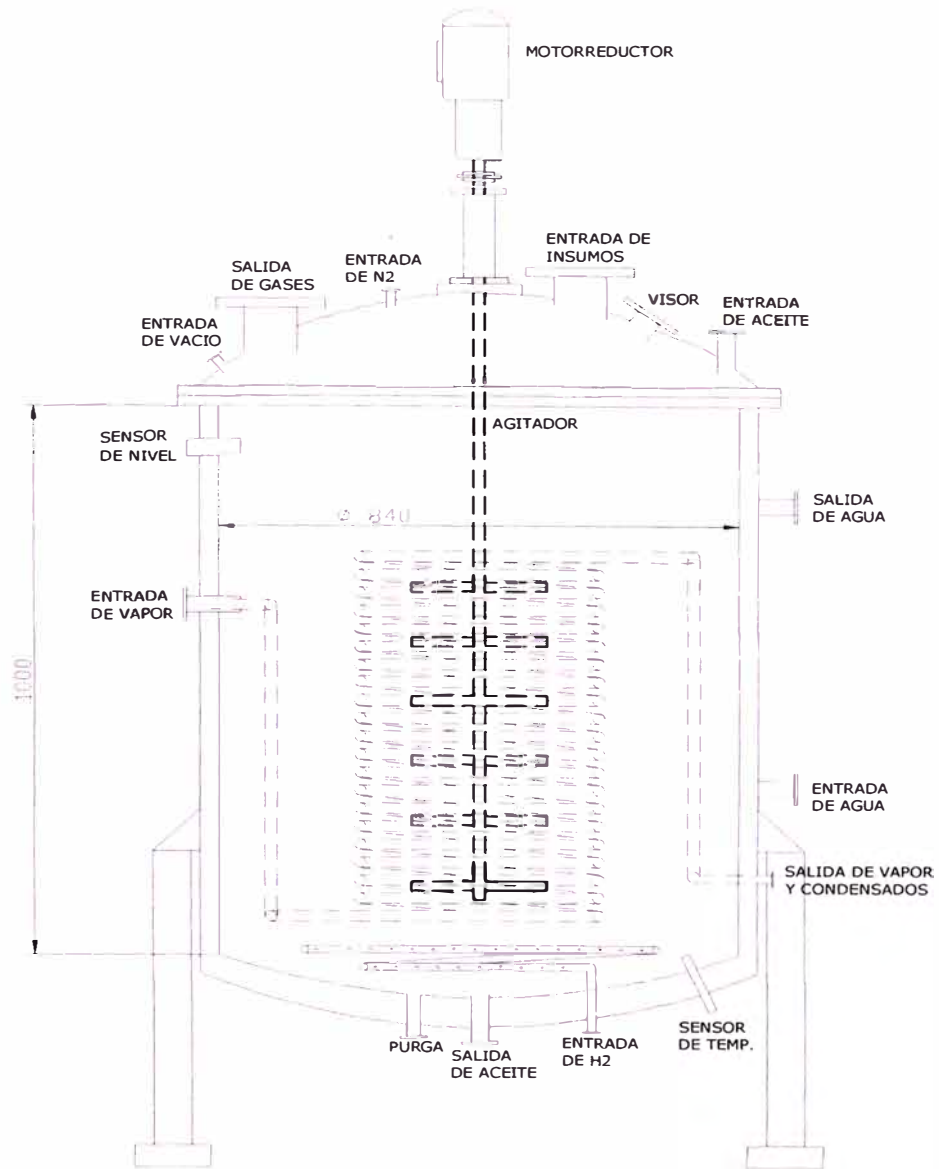
1:40

DISEÑO:

JJBA

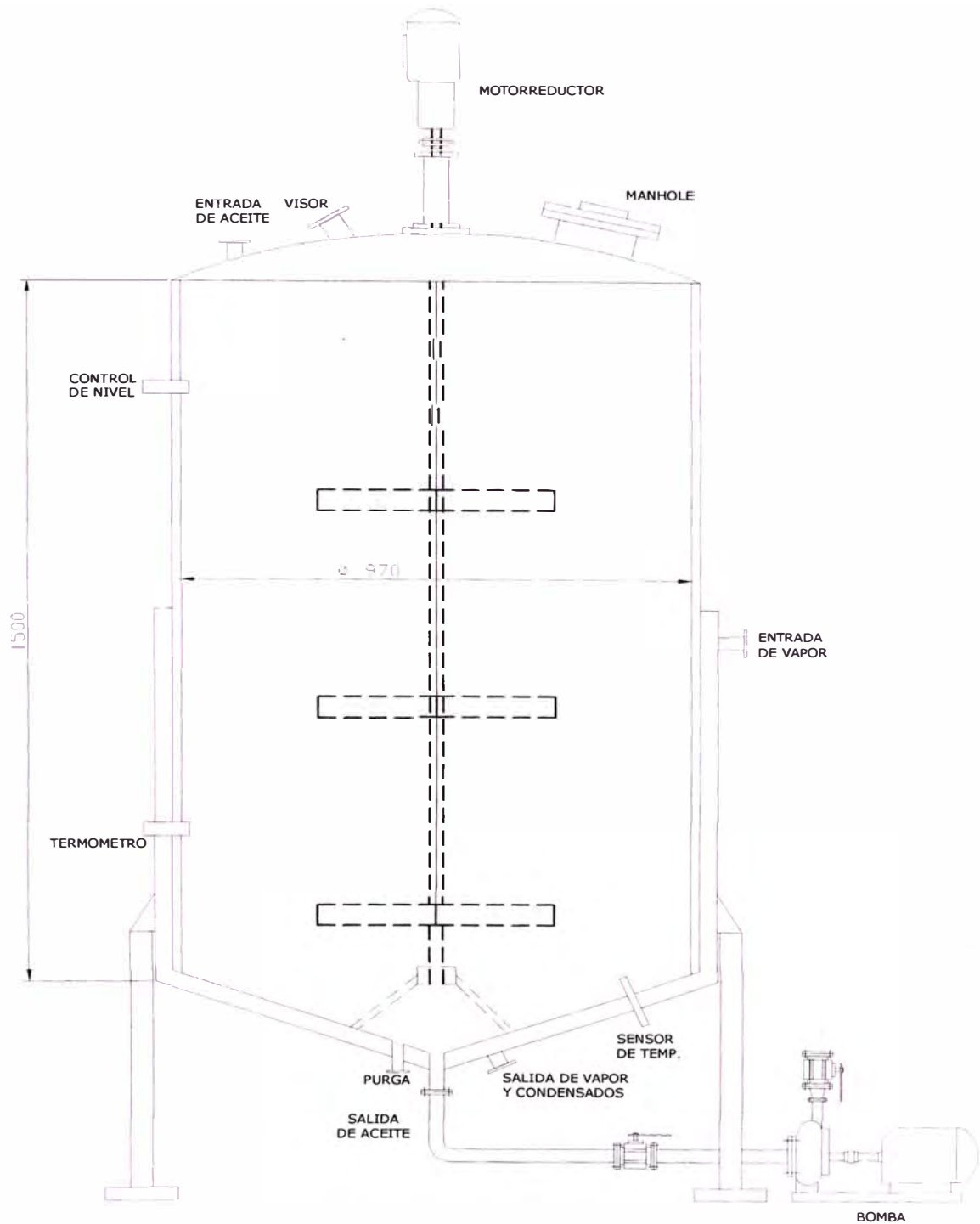
PROY:

TANQUE RECEPTOR DE ACEITE BLANQUEADO-FRACCIONADO DE PALMISTE



NOTA:
MEDIDAS EN MILIMETROS

| | | | |
|---------------|--|------------------------|--------------------------------|
| PLANO: | TITULO: | | |
| P-2 | PLANTA PILOTO DE HIDROGENACION-DESODORIZACION DE ACEITE BLANQUEADO-FRACCIONADO DE PALMISTE | | |
| | ESCALA: 1:40 | DISEÑO: JJBA | PROY: TANQUE REACTOR |



NOTA:
MEDIDAS EN MILIMETROS

PLANO:

P-3

TITULO:

PLANTA PILOTO DE HIDROGENACION-DESODORIZACION DE ACEITE BLANQUEADO-FRACCIONADO DE PALMISTE

ESCALA:

1:40

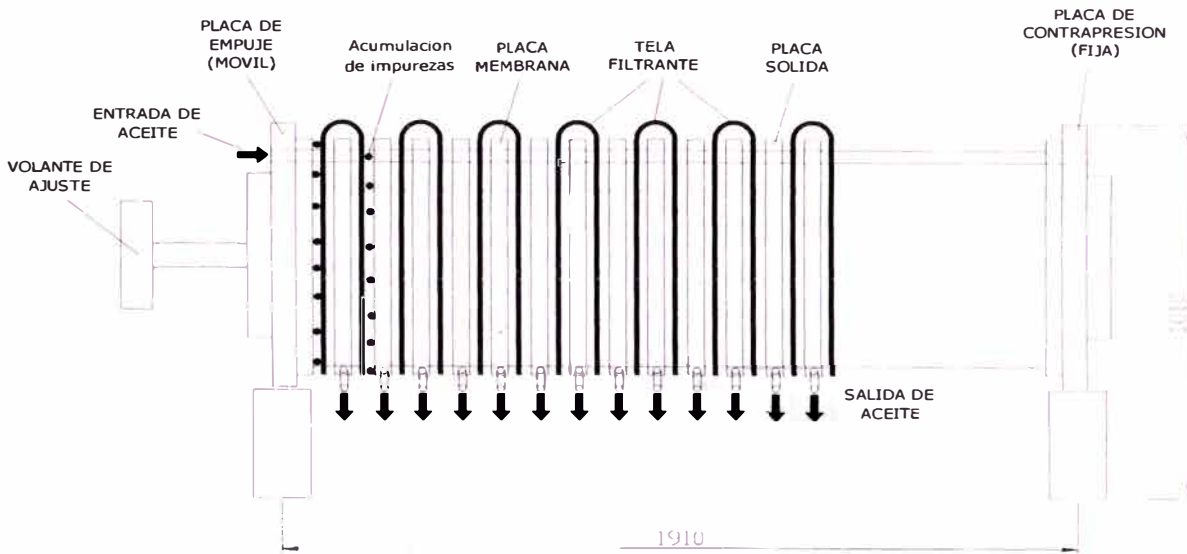
DISEÑO:

JJBA

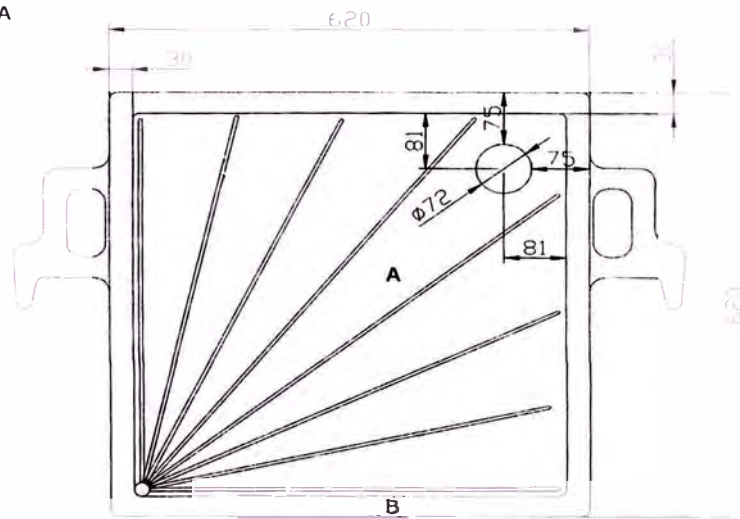
PROY:

TANQUE ETAPA NEGRA

PRENSA NEGRA-DIMENSIONES



DETALLE DE LA PLACA

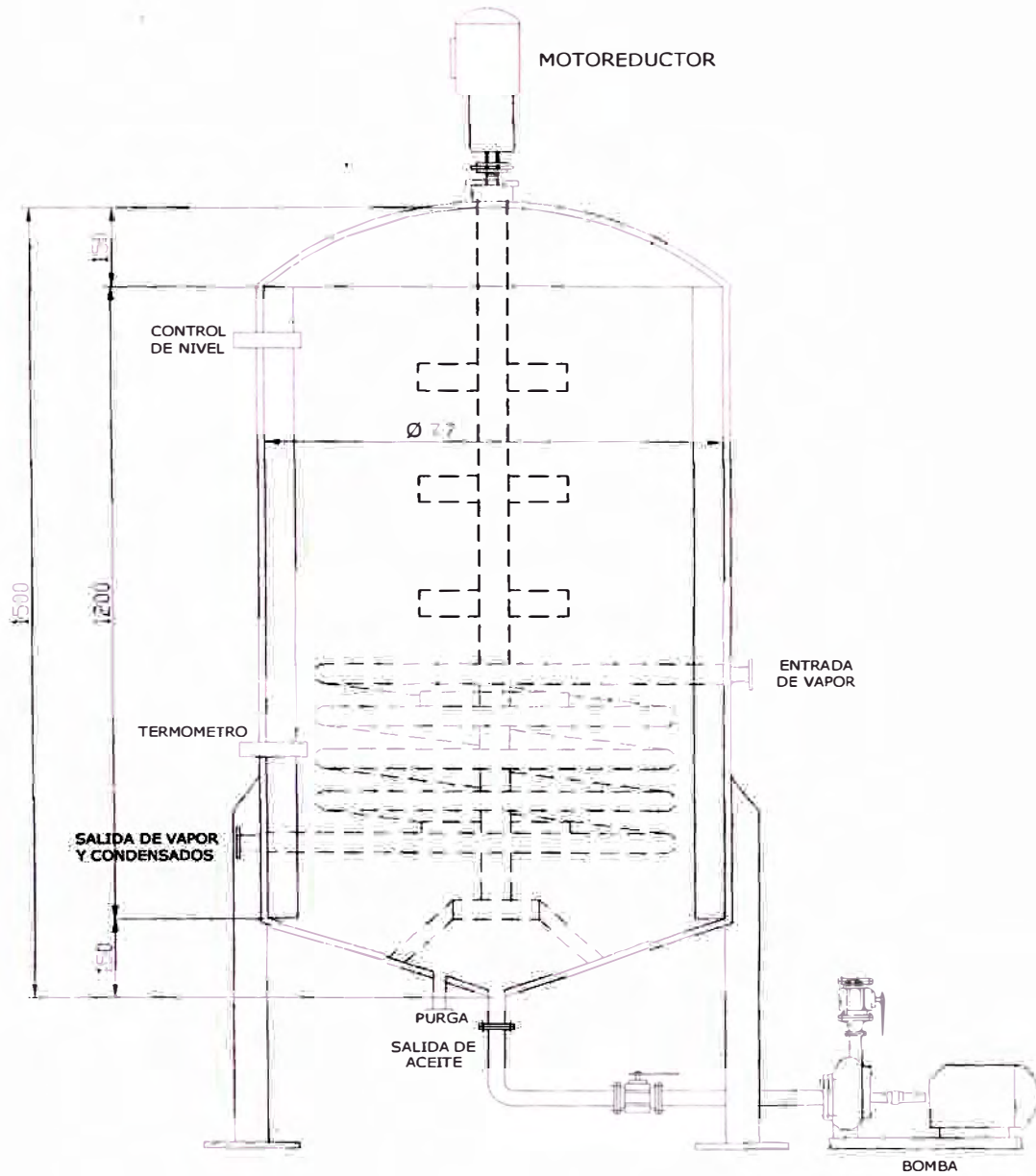


ESPESOR: 42.5 mm
MEDIDAS EN MILIMETROS

NOTA:
EL AGUJERO DE 72 mm TIENE UN ESPESOR DE 22.5 mm
LA SUPERFICIE "A" ESTA A 10 mm DEBAJO DE LA SUPERFICIE "B", EN AMBAS CARAS.

NOTA:
MEDIDAS EN MILIMETROS

| | | | |
|---------------------------------|--|------------------------|---|
| PLANO: P-4 | TITULO: PLANTA PILOTO DE HIDROGENACION-DESODORIZACION DE ACEITE BLANQUEADO-FRACCIONADO DE PALMISTE | | |
| | ESCALA: 1:40 | DISEÑO: JJBA | PROY: PRENSA ETAPA NEGRA PRENSA ETAPA BLANCA |



NOTA:
MEDIDAS EN MILIMETROS

PLANO:

P-5

TITULO:

PLANTA PILOTO DE HIDROGENACION-DESODORIZACION DE ACEITE BLANQUEADO-FRACCIONADO DE PALMISTE

ESCALA:

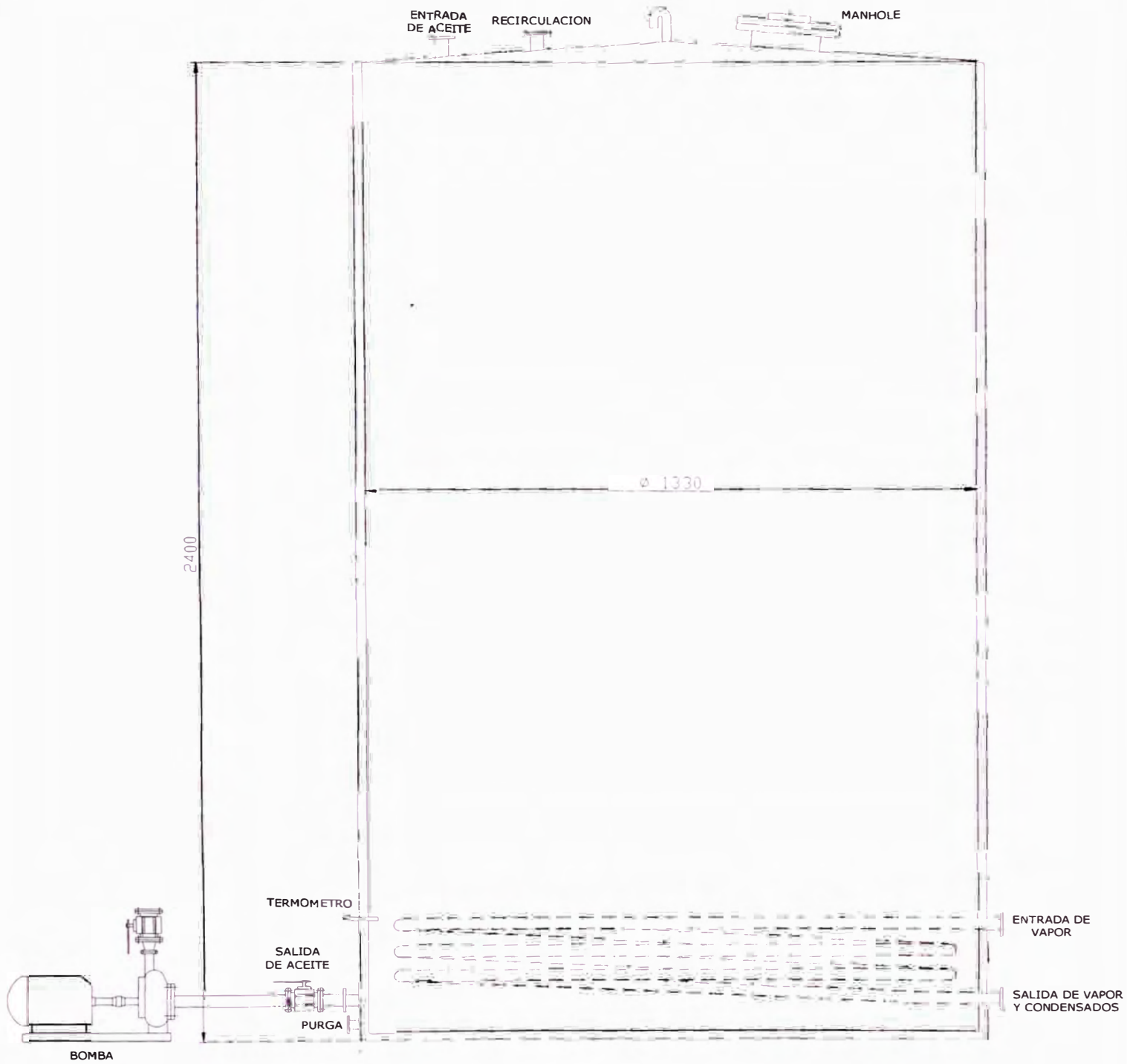
1:40

DISEÑO:

JJBA

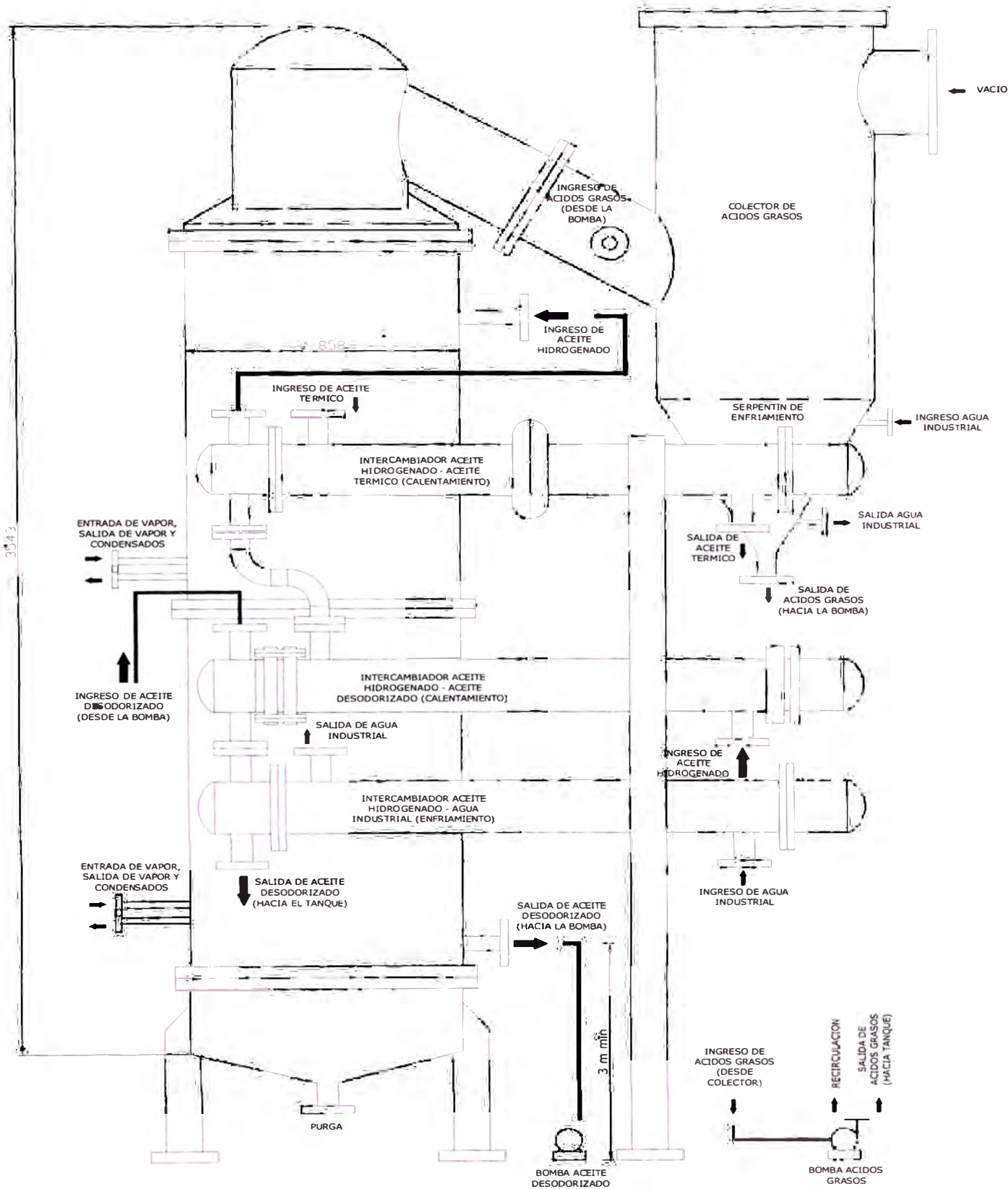
PROY.:

TANQUE ETAPA BLANCA



NOTA:
MEDIDAS EN MILIMETROS

| | |
|-----------------------------|--|
| PLANO: P-6 | TITULO: PLANTA PILOTO DE HIDROGENACION-DESODORIZACION DE ACEITE BLANQUEADO-FRACCIONADO DE PALMISTE |
| ESCALA: 1:40 | DISEÑO: JJBA |
| | PROY: TANQUE ACEITE HIDROGENADO |



NOTA:
MEDIDAS EN MILIMETROS

PLANO:

P-7

TITULO:

PLANTA PILOTO DE HIDROGENACION-DESODORIZACION DE ACEITE BLANQUEADO-FRACCIONADO DE PALMISTE

ESCALA:

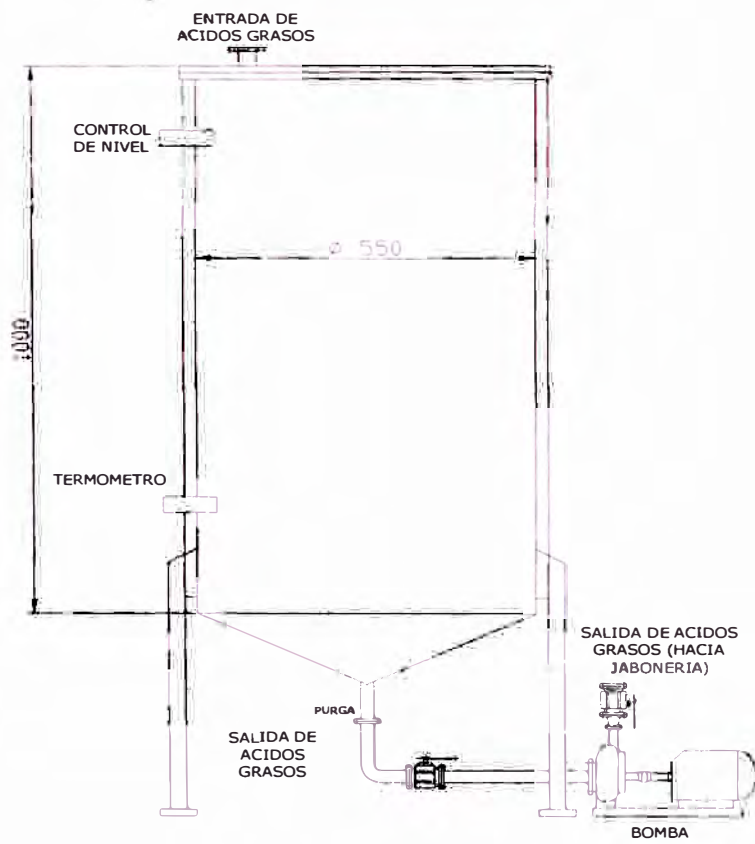
1:40

DISEÑO:

JJBA

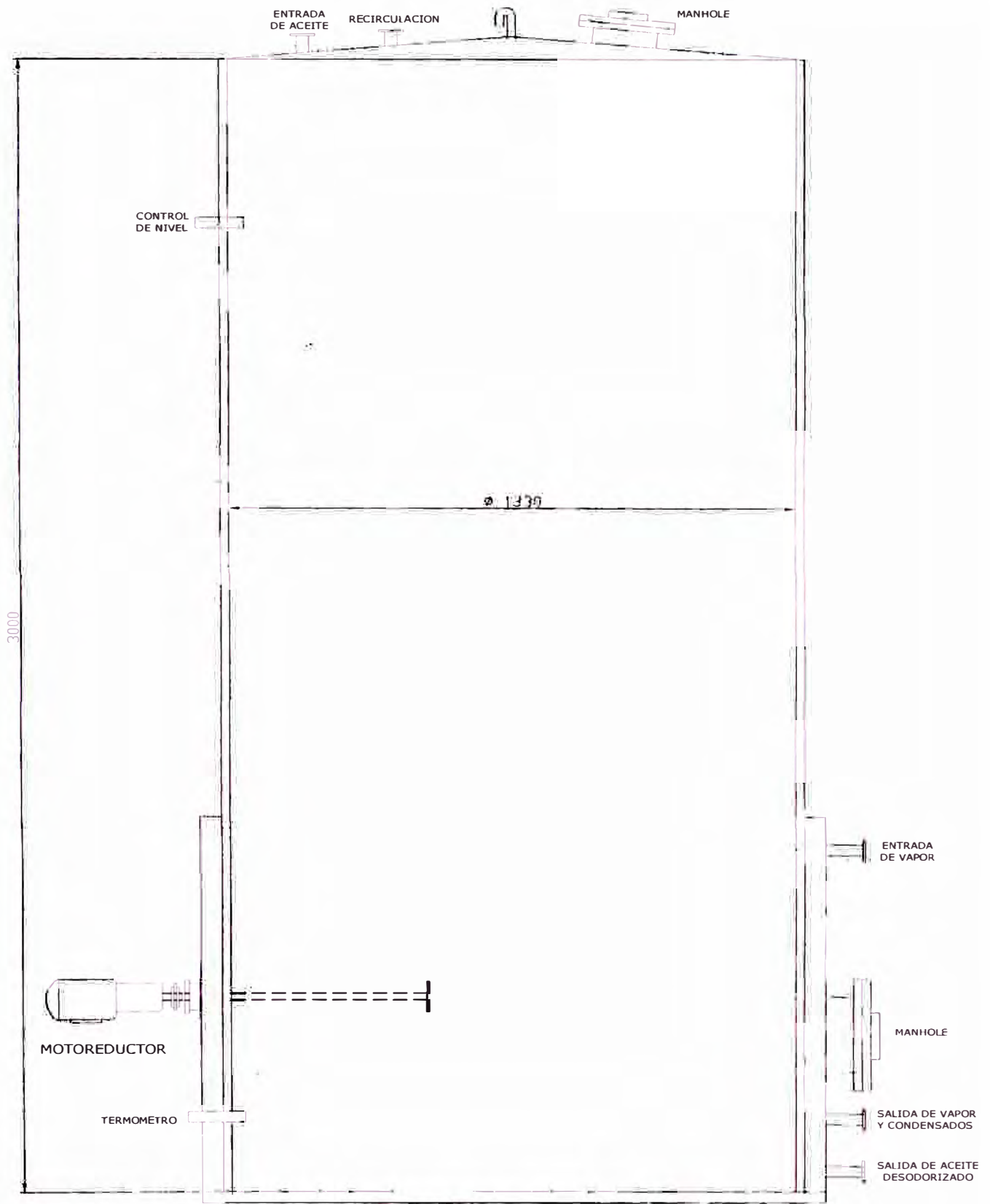
PROY:

DESODORIZADOR



NOTA:
MEDIDAS EN MILIMETROS

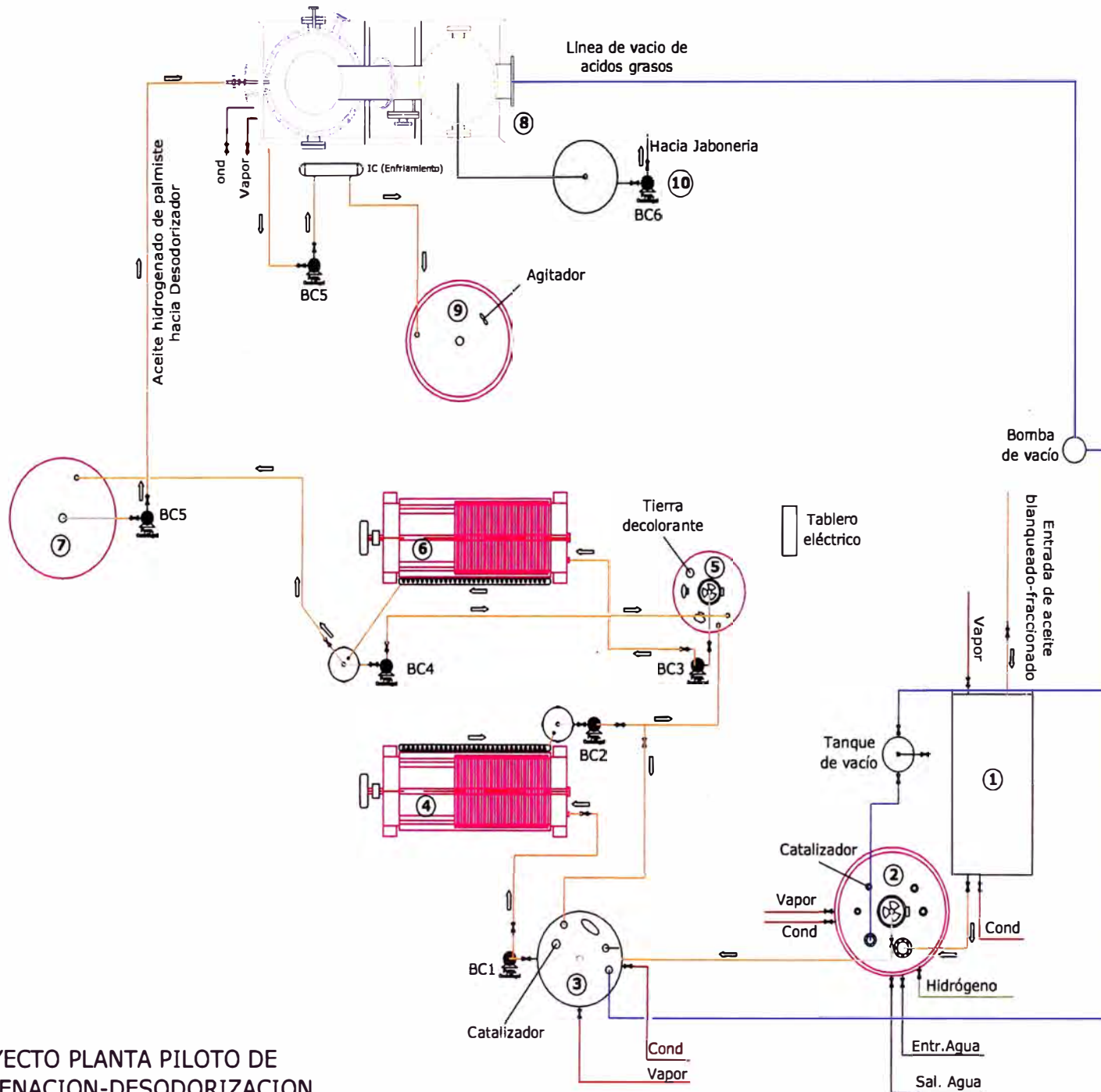
| | | | |
|---------------|--|----------------|----------------------|
| PLANO: | TITULO: | | |
| P-8 | PLANTA PILOTO DE HIDROGENACION-DESODORIZACION DE ACEITE BLANQUEADO-FRACCIONADO DE PALMISTE | | |
| | ESCALA: | DISEÑO: | PROY: |
| | 1:40 | JJBA | TANQUE ACIDOS GRASOS |



NOTA:
MEDIDAS EN MILIMETROS

| | | | |
|---------------------------------|--|------------------------|--|
| PLANO: P-9 | TITULO: PLANTA PILOTO DE HIDROGENACION-DESODORIZACION DE ACEITE BLANQUEADO-FRACCIONADO DE PALMISTE | | |
| | ESCALA: 1:40 | DISEÑO: JJBA | PROY: TANQUE ACEITE DESODORIZADO |

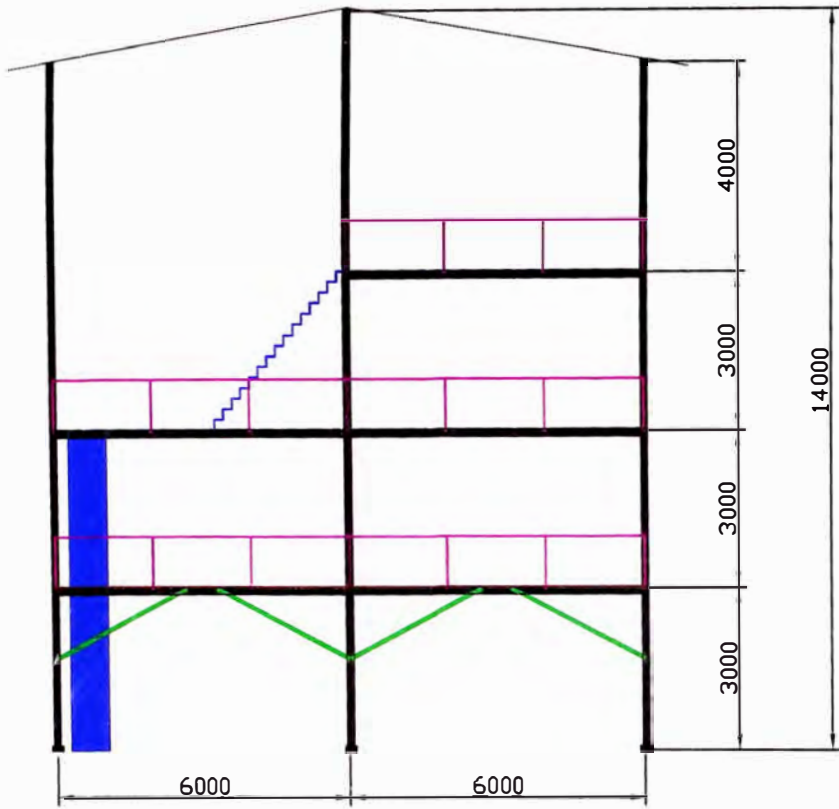
PROYECTO PLANTA PILOTO DE
HIDROGENACION-DESODORIZACION
Plano de Distribucion de Equipos



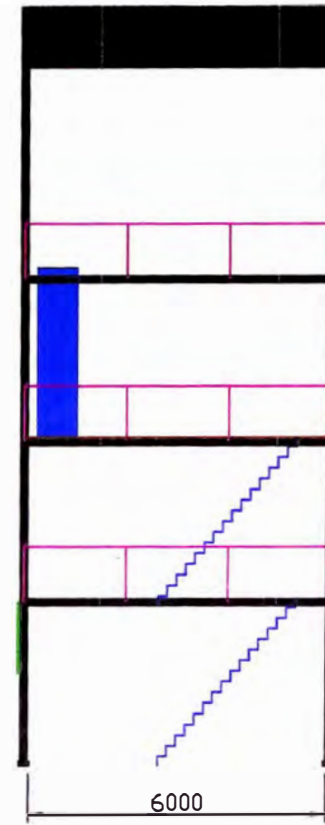
PLANTA PILOTO DE HIDROGENACION
DIAGRAMA DE INSTALACION

| LEYENDA | |
|---------|--|
| 1 | Tanque receptor de aceite blanqueado de palmiste |
| 2 | Reactor piloto |
| 3 | Tanque de etapa negra |
| 4 | Presna negra |
| 5 | Tanque de etapa blanca |
| 6 | Presna Blanca |
| 7 | Tanque receptor de aceite hidrogenado |
| 8 | Desodorizador |
| 9 | Tanque de aceite desodorizado de palmiste |
| 10 | Tanque de ácidos grasos |

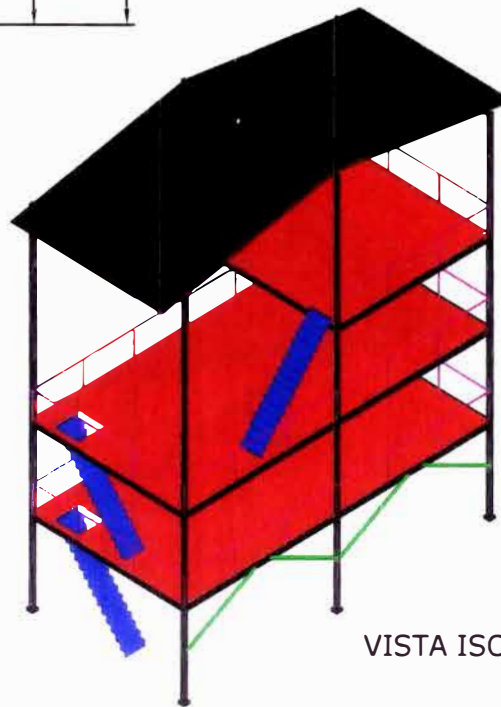
| | | | |
|-------------|--|---------|-----------------------------|
| PLANO: | TITULO: | | |
| | PLANTA PILOTO DE HIDROGENACION-DESODORIZACION DE ACEITE BLANQUEADO-FRACCIONADO DE PALMISTE | | |
| P-10 | ESCALA: | DISEÑO: | PROY: |
| | 1:150 | JUBA | ESTRUCTURA DE PLANTA PILOTO |



VISTA FRONTAL

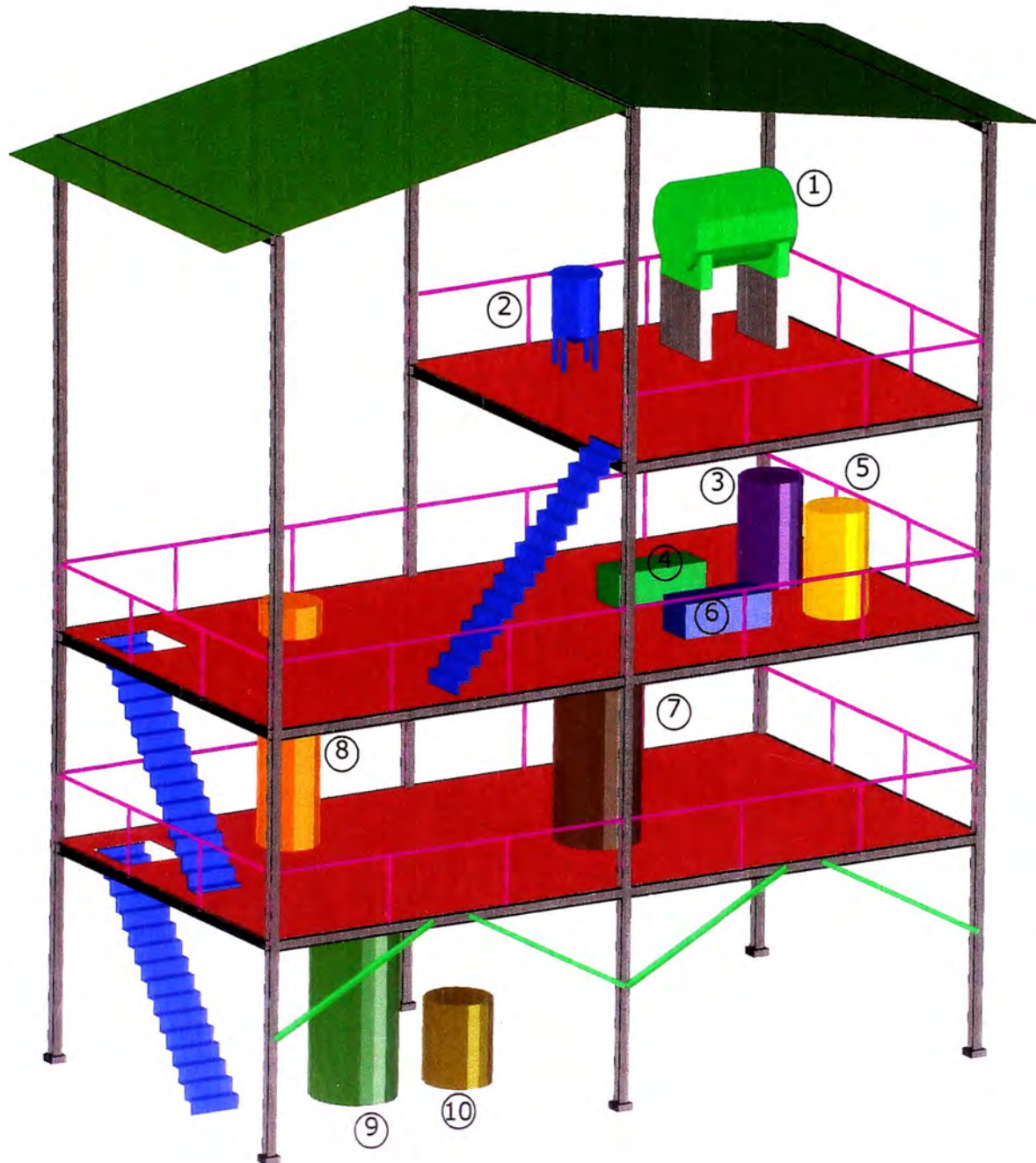


VISTA PERFIL



VISTA ISOMETRICA

| | | | |
|---------------|--|------------------------|---|
| PLANO: | TITULO: | | |
| P-11 | PLANTA PILOTO DE HIDROGENACION-DESODORIZACION DE ACEITE BLANQUEADO-FRACCIONADO DE PALMISTE | | |
| | ESCALA: 1:150 | DISEÑO: JJBA | PROY: ESTRUCTURA DE PLANTA PILOTO |



PLANTA PILOTO DE HIDROGENACION
DIAGRAMA DE INSTALACION

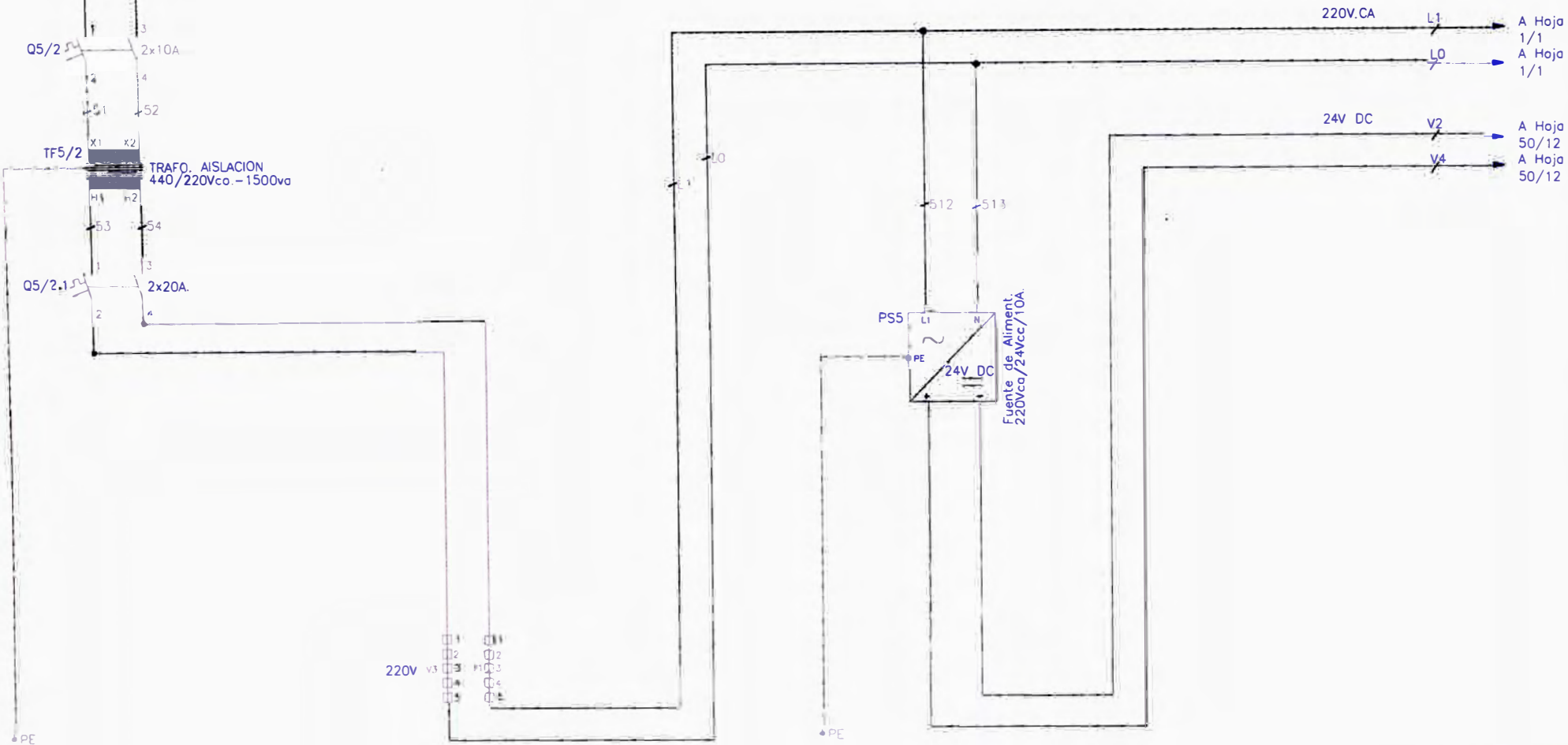
| LEYENDA | |
|---------|--|
| 1 | Tanque receptor de aceite blanqueado de palmiste |
| 2 | Reactor piloto |
| 3 | Tanque de etapa negra |
| 4 | Prensa negra |
| 5 | Tanque de etapa blanca |
| 6 | Prensa Blanca |
| 7 | Tanque receptor de aceite hidrogenado |
| 8 | Desodorizador |
| 9 | Tanque de aceite desodorizado de palmiste |
| 10 | Tanque de ácidos grasos |

| | | | |
|-------------|--|-----------------|--------------------------------------|
| PLANO: | TITULO: | | |
| P-12 | PLANTA PILOTO DE HIDROGENACION-DESODORIZACION DE ACEITE BLANQUEADO-FRACCIONADO DE PALMISTE | | |
| | ESCALA: 1:150 | DISEÑO: JJBA | PROY: ESTRUCTURA DE PLANTA PILOTO |

3 X 440V. 60Hz.

A Hoja
04 18

R
S
I
A Hoja
09.12



| COLORES DE CONDUCTORES | |
|------------------------|---------|
| Fase 220Vca | ROJO |
| Neutro 220Vca | GELESTE |
| +24Vcc | VIOLETA |
| -24Vcc | PLOMO |

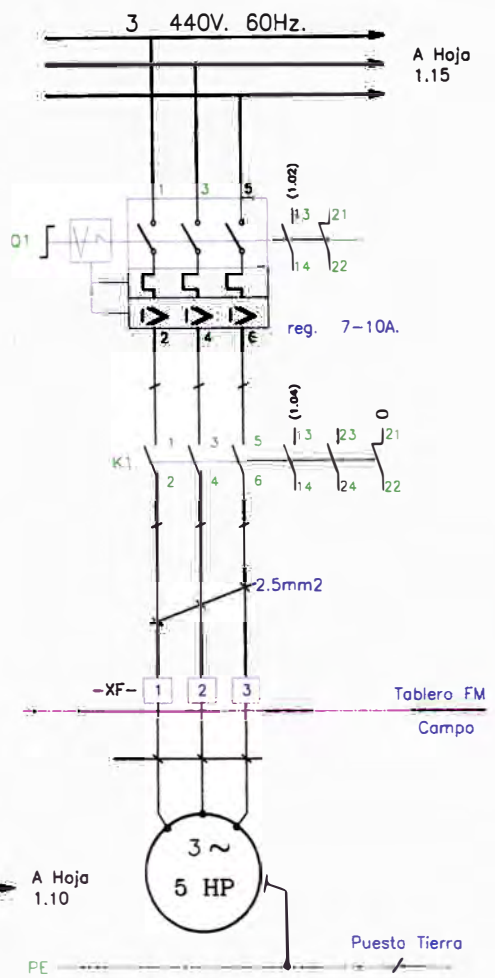
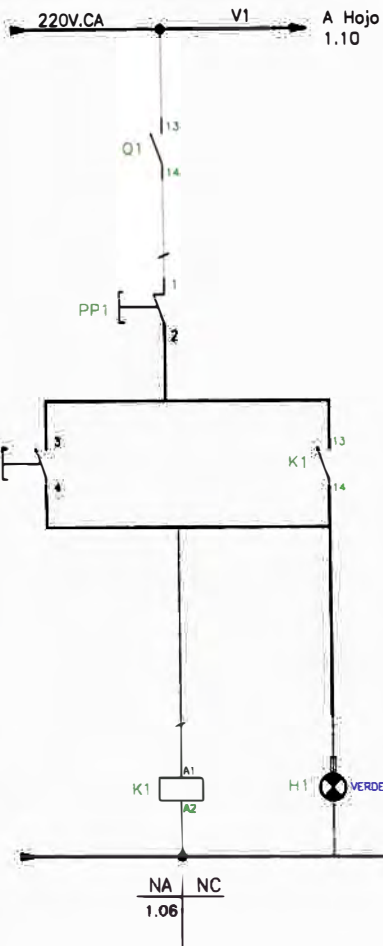
DPTO. AUTOMATIZACION

INDUSTRIAS DEL ESPINO S.A
UCHIZA SAN MARTIN - PERU

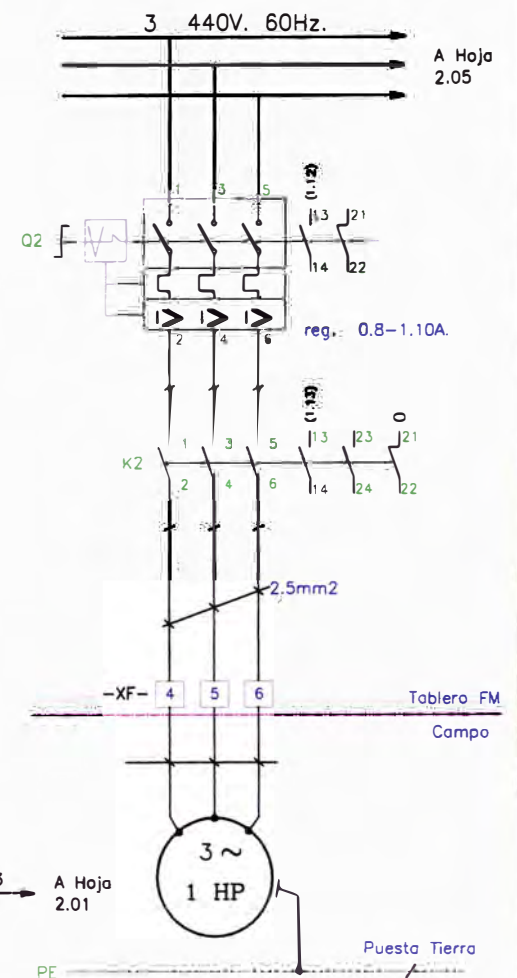
PROYECTO:
PLANTA HIDROGENACION
TDE S.A -

TITULO:
TENSION DE MANDO
CCM PLANTA HIDROGENACION
PLANDS FUNCIONALES

| | | | |
|-----------|------------|--------|----------------|
| Segc | Carp. | Pos | PROYECTO N° 9 |
| GRA | 1 | - | Fecha 20/05/19 |
| Archivo | Hoja 57 | dwg | HQ.IA 00 |
| Nro PLAND | RC24071/57 | Re 001 | HQ.IA 11 |

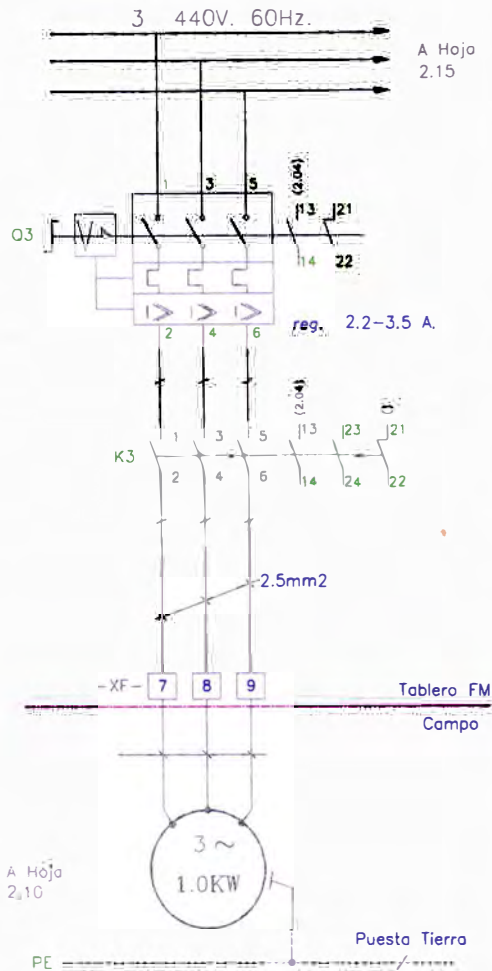
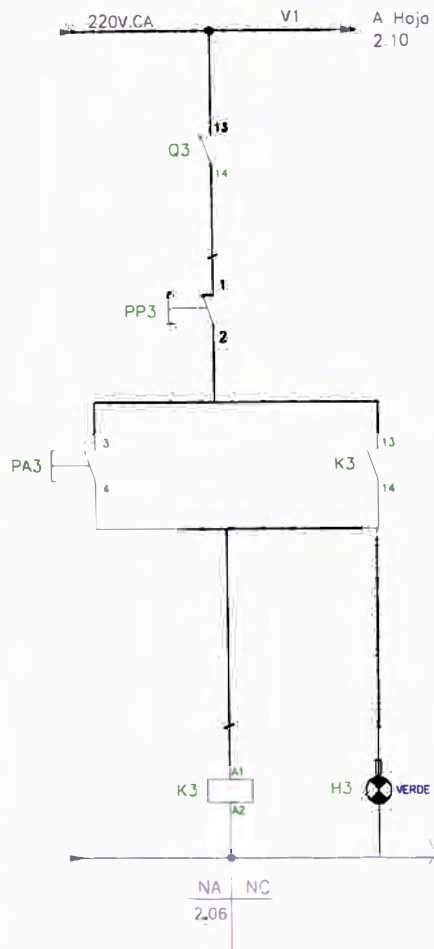


AG1
Agitador Reactor
5HP/440V/7.0A/1730rpm

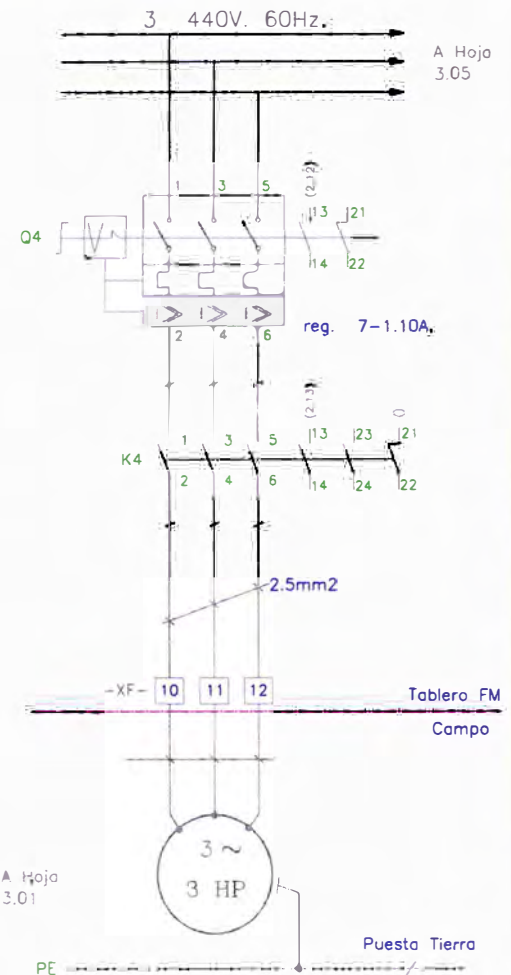
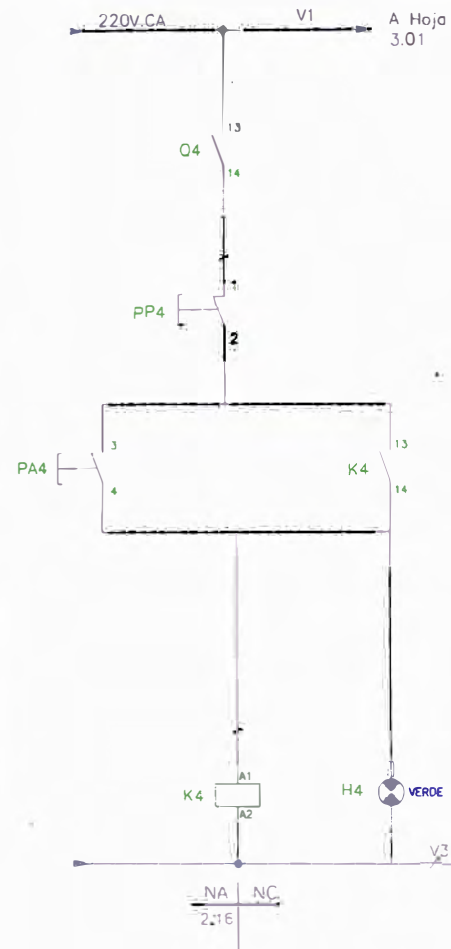


AG1 REF.
Recirculación Reactor
1/HP/440V/1.1A/4600rpm

| COLORES DE CONDUCTORES | | | |
|------------------------|-------|-------|--|
| Fase 24Vcc | ROJO | ROJO | |
| Neutro 24Vcc | VERDE | VERDE | |
| +24Vcc | VERDE | VERDE | |
| -24Vcc | PLOMO | PLOMO | |

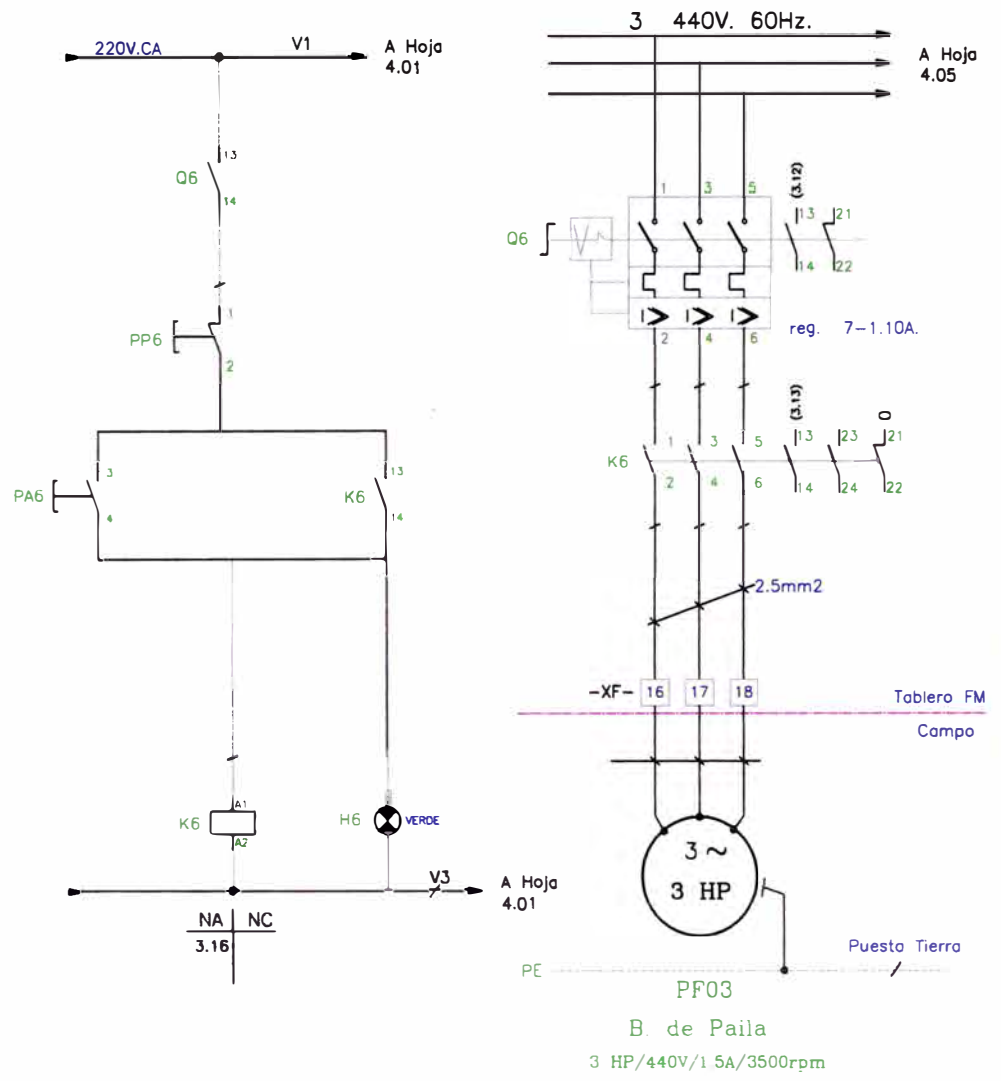
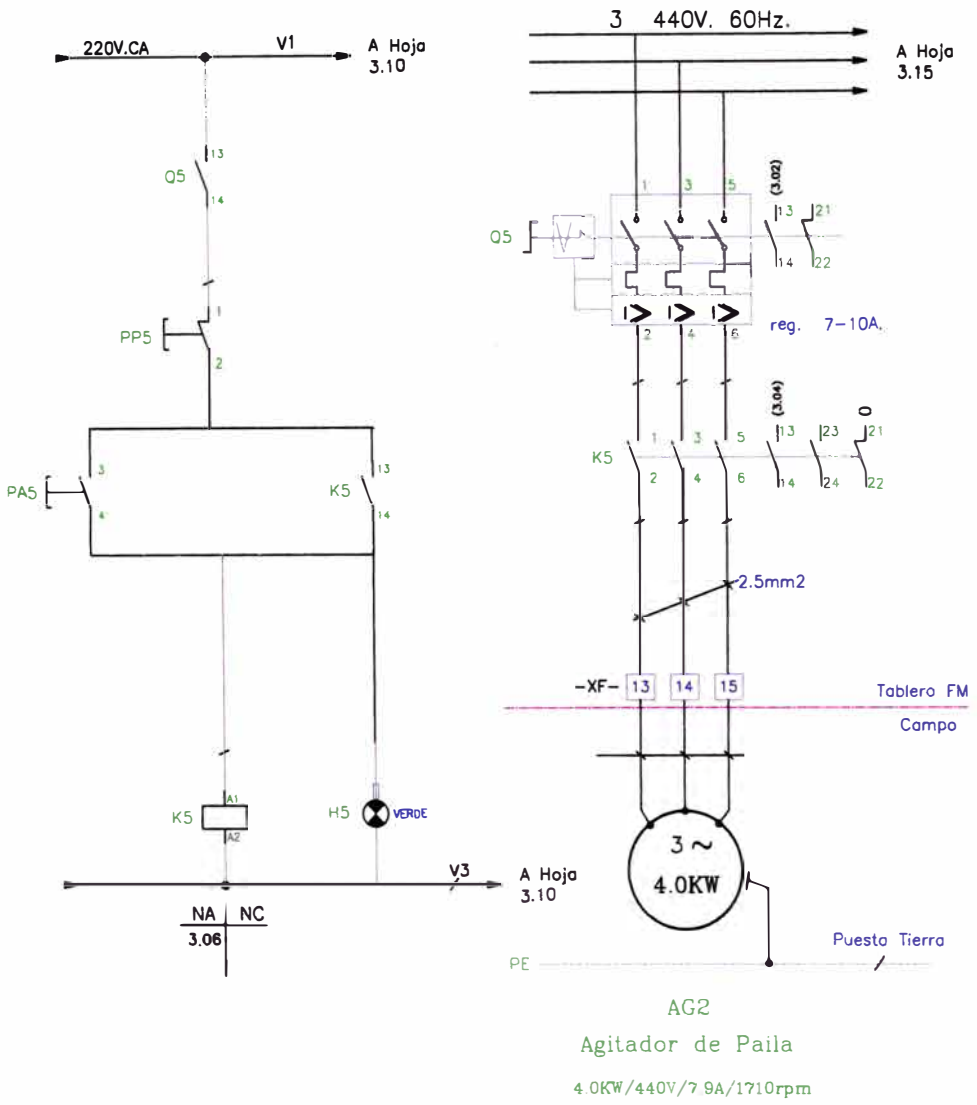


PF01
PF REACTOR (OPCIONAL)
440V/2.85A/3440 rpm

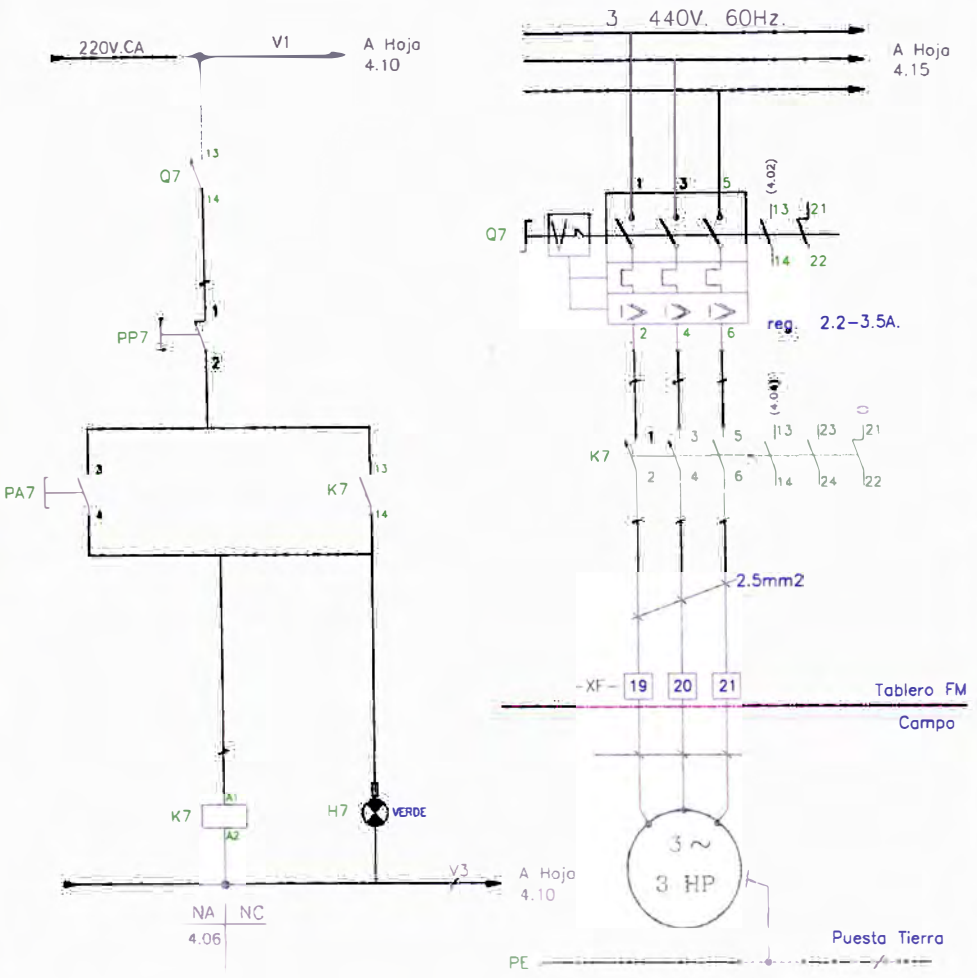


PF02
B, PRENSA NEGRA
440V/2.85A/3440 rpm

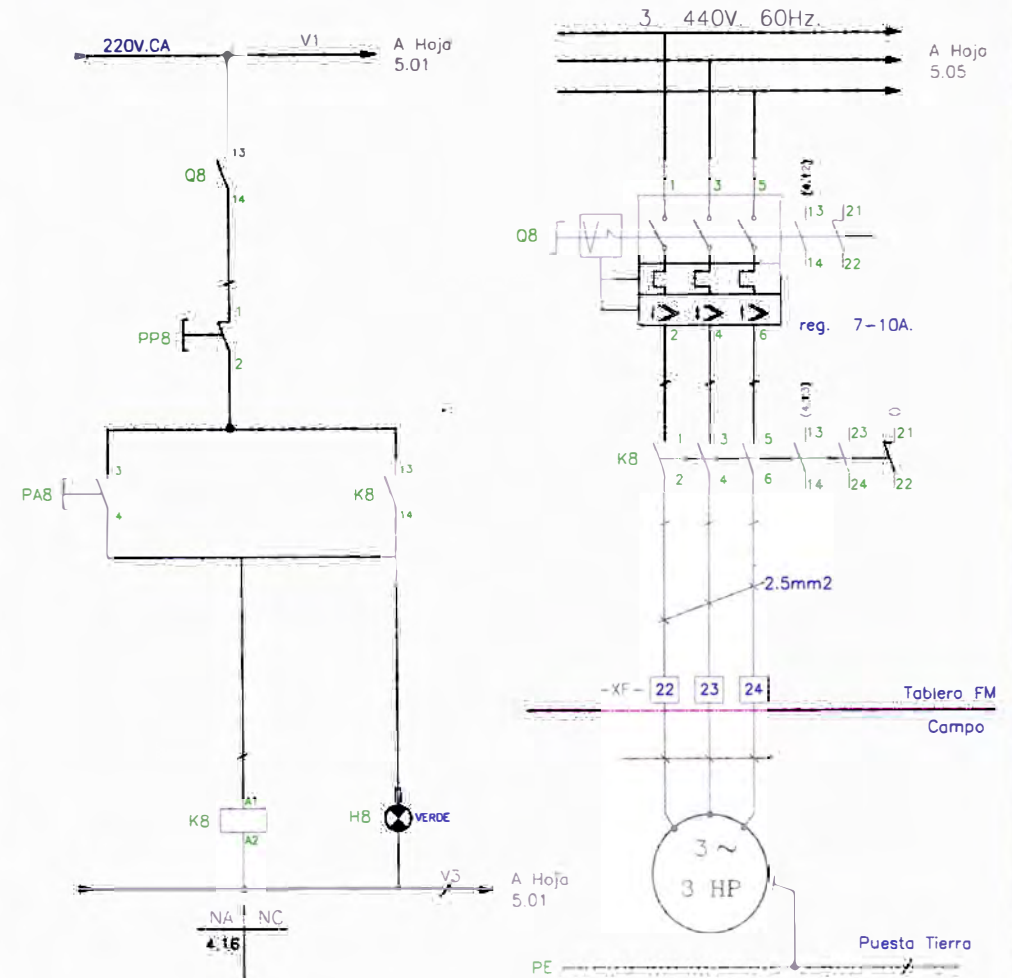
| COLORES DE CONDUCTORES | |
|------------------------|----------|
| Fase 220Vca | ROJO |
| Fase 220Vca | VERDE |
| Fase 220Vca | AZUL |
| 0Vca | AMARILLO |
| 0Vca | PLATA |



| | |
|------------------------|---------|
| COLORES DE CONDUCTORES | |
| Fase 220Vca | ROJO |
| Neutro 220Vca | CELESTE |
| +24Vcc | VIOLETA |
| -24Vcc | PLOMO |



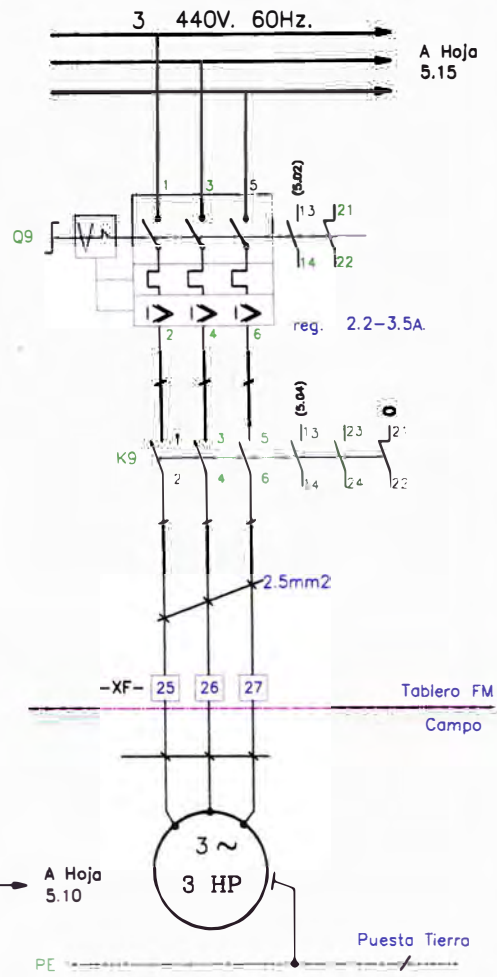
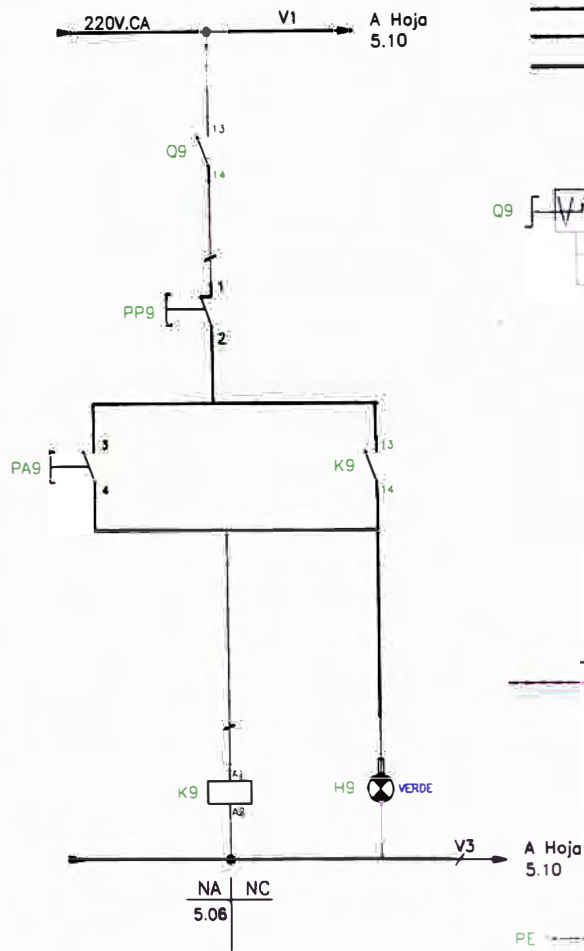
PF04
B. Prensa Blanca
3 HP/440V/3.0A/3510rpm



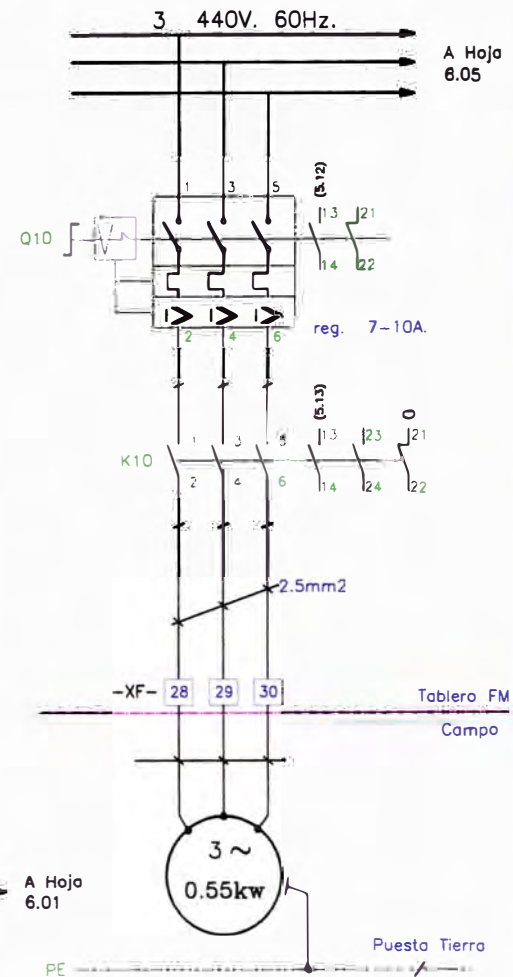
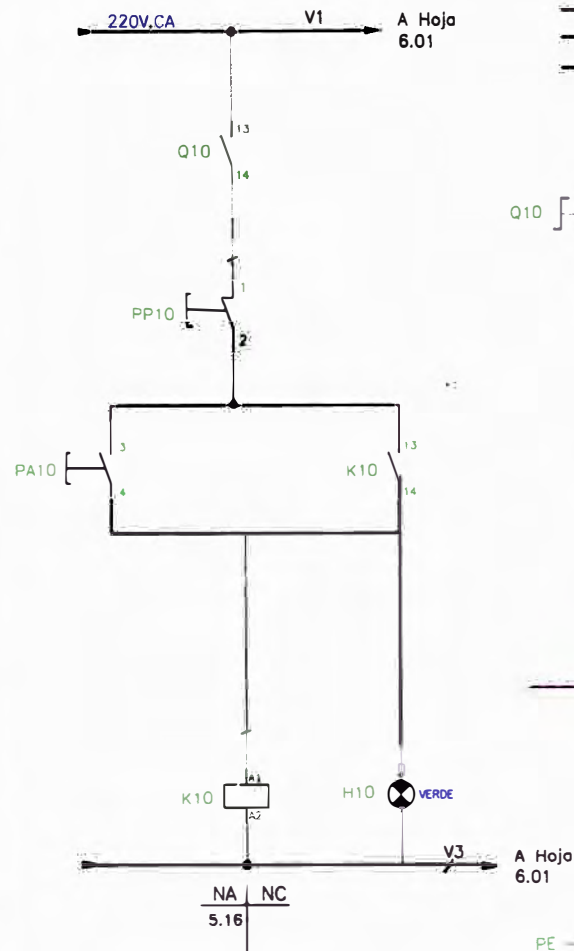
SPARE (STAND BY) (OPCIONAL)

| COLORES DE CONDUCTORES | |
|------------------------|-------|
| Fase 220Vca | ROJO |
| Neutra 220Vca | VERDE |
| +24Vcc | VERDE |
| -24Vcc | PLATA |

| | | | | | | | |
|--|--|--|---|----------------------|-------------------|------------------|------------------------------------|
| | INDUSTRIAS DEL ESPINO S.A UCHIZA SAN MARTIN - PERU | PROYECTO: PTA. HIDROGENACION - IDE S.A. - | TITULO: Prensa Blanca CCM PTA. HIDROGENACION PLANOS FUNCIONALES | Secc. GRAL | Carp. 1 | Pos. - | PROYECTO N° - 9 Fecha: 20/01/09 |
| | Revisado: Juan J Bravo | Dibuja: Mario Galvez / Orlando Galvez | Archivo: Hoja_57.dwg Nro. PLAND: AR024071/57 Rev.001 | HOJA: 4 HOJAS: 57 | | | |

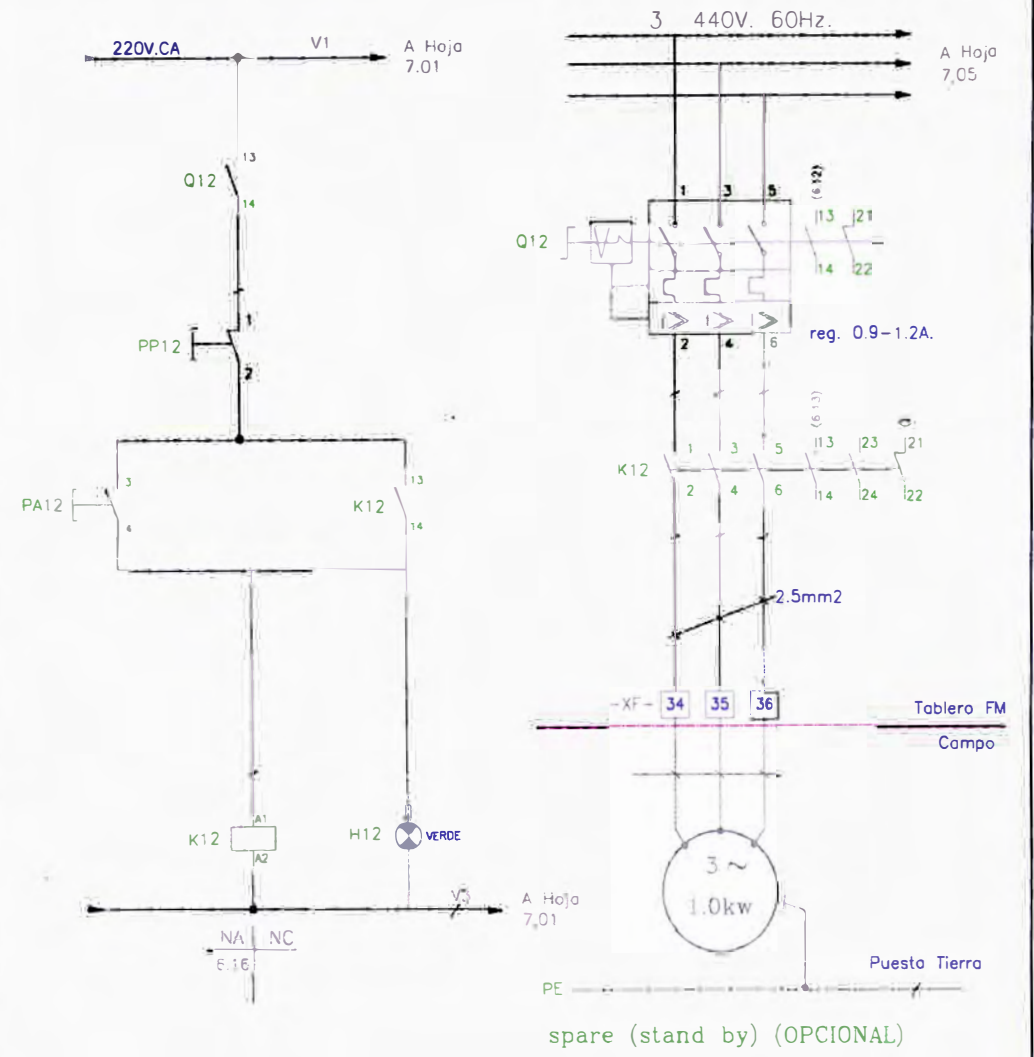
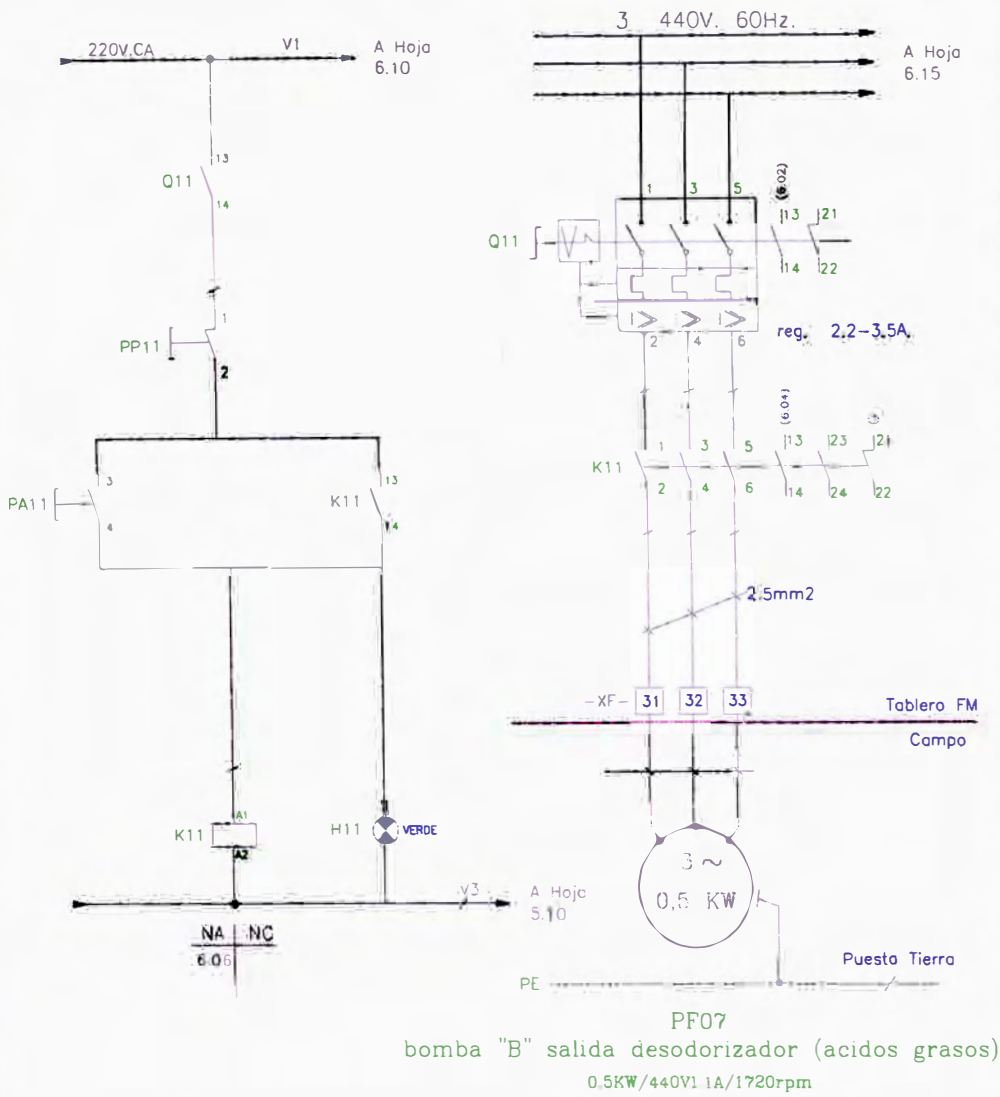


PF05
Bomba al Desodorizador
3 HP/440V/1.1A/1750 rpm



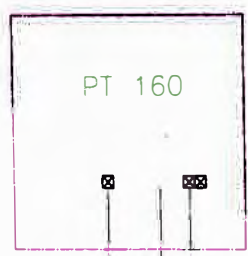
PF06
bomba "A" salida desodorizador
0.55KW/440V/1.1A/1720rpm

| COLORES DE CONDUCTORES | | |
|------------------------|-------|--|
| Fase 220Vca | ROJO | |
| Fase 220Vca | VERDE | |
| +24Vcc | VERDE | |
| -24Vcc | ROJO | |

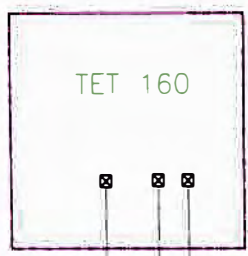


| COLORES DE CONDUCTORES | |
|------------------------|---------|
| Fase 220Vca | ROJO |
| Neutro 220Vca | CELESTE |
| +24Vcc | VERDE |
| -24Vcc | PLUMBO |

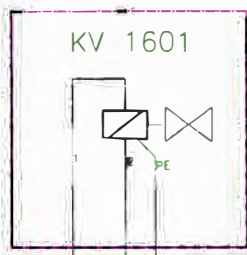
PRESIÓN TANQUE REACTOR



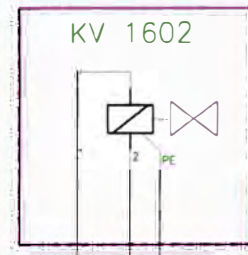
TEMP. TANQUE REACTOR



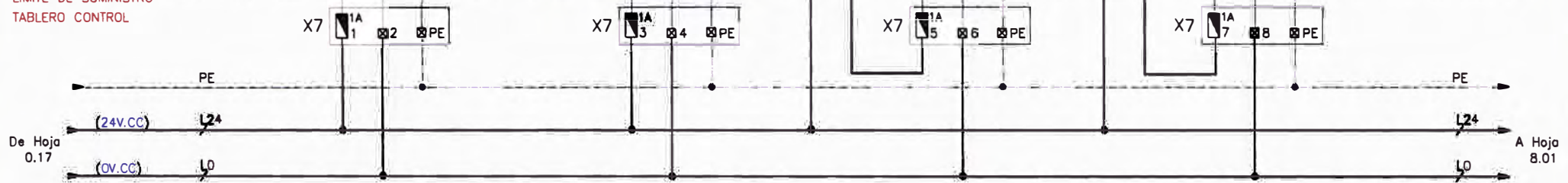
VALV. DESCARGA REACTOR



VALV. LLENADO TQ. PULMON

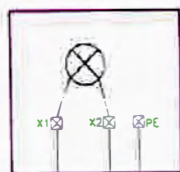


AREA CLASIFICADA
CAMPO
LIMITE DE SUMINISTRO
TABLERO CONTROL



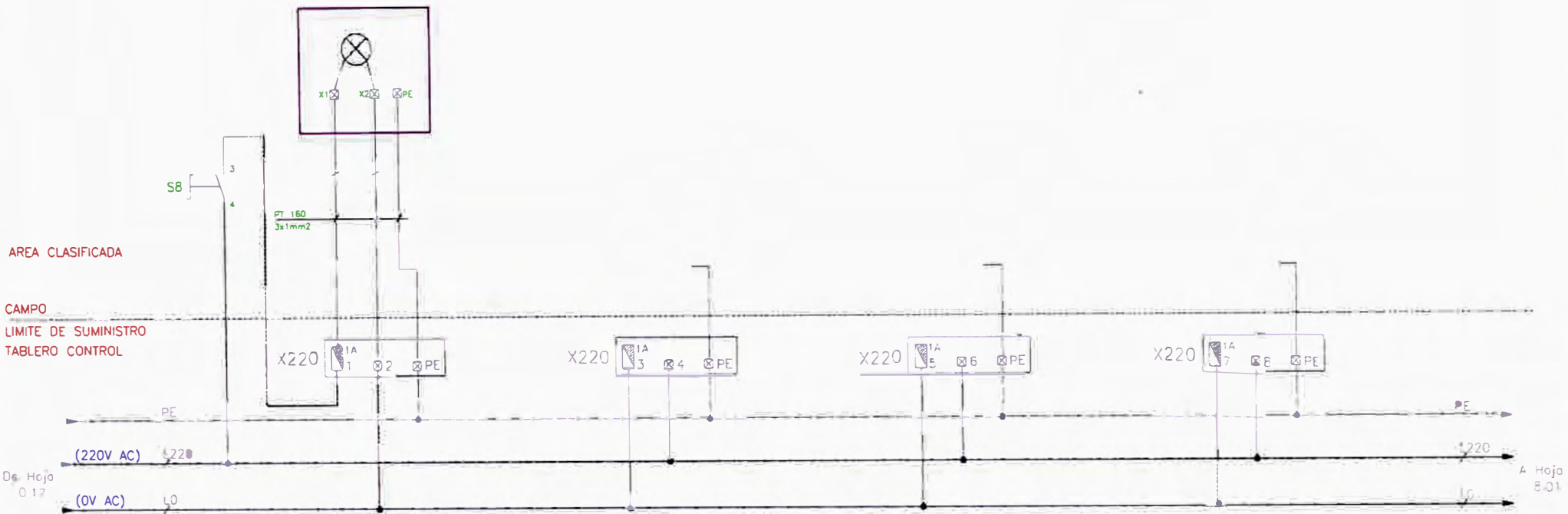
| COLORES DE CONDUCTORES | |
|------------------------|---------|
| Fase 240Vca | ROJO |
| Neutro 240Vca | CELESTE |
| +24Vcc | MOLETA |
| -24Vcc | PLOMO |

LAMPARA TANQUE REACTOR



AREA CLASIFICADA

CAMPO
 LIMITE DE SUMINISTRO
 TABLERO CONTROL

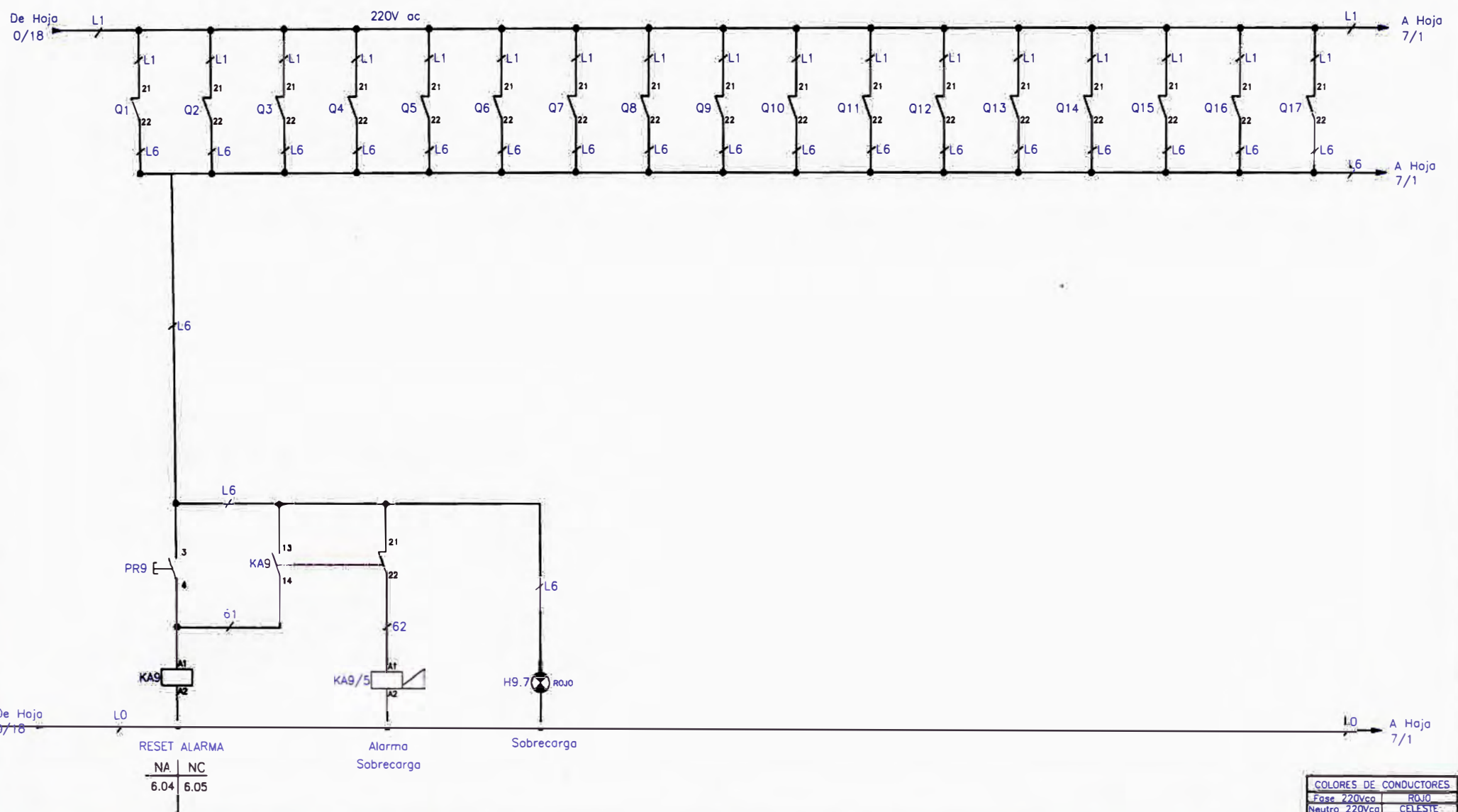


De Hoja 0.17

A Hoja 8.01

| COLORES DE CONDUCTORES | |
|------------------------|-------|
| Fase 220Vca | ROJO |
| Neutro 220Vca | CAZUL |
| +24Vca | VERDE |
| -24Vcc | PLATA |

| | | | | | | | |
|-----------------------------|--|---|---|-------------------|--|--------------------------------|------------------------|
| <p>DPTO. AUTOMATIZACION</p> | <p>INDUSTRIAS DEL ESPINO S.A.</p> <p>UCHIZA SAN MARTIN - PERU</p> <p>Revisado: Juan J. Bravo</p> | <p>PROYECTO:</p> <p>PTA. HIDROGENACION</p> <p>- IDE S.A. -</p> <p>Dibujado: Mario Galvez / Orlando Galvez</p> | <p>TITULO:</p> <p>Alimentación Sensores</p> <p>CCM PTA. HIDROGENACION</p> <p>PLANDS FUNCIONALES</p> | <p>Secc. GRAL</p> | <p>Carp. 1</p> | <p>Pos. -</p> | <p>PROYECTO N° - 9</p> |
| | | | | <p>+ -</p> | <p>Archivo: Hoja_57.dwg</p> <p>Nro. PLANO: AR024071/57 Rev.001</p> | <p>HOJA 08</p> <p>HOJAS 57</p> | |



De Hoja 0/18 A Hoja 7/1

De Hoja 0/18 A Hoja 7/1

De Hoja 0/18 A Hoja 7/1

RESET ALARMA

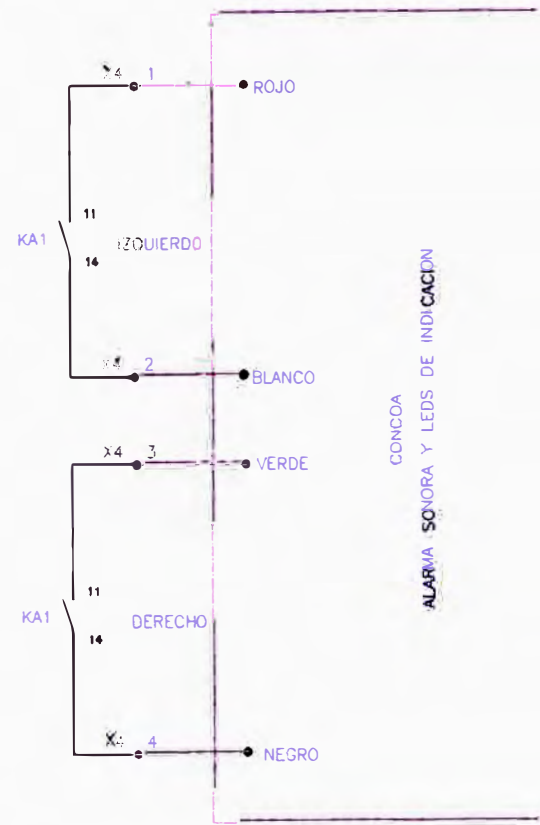
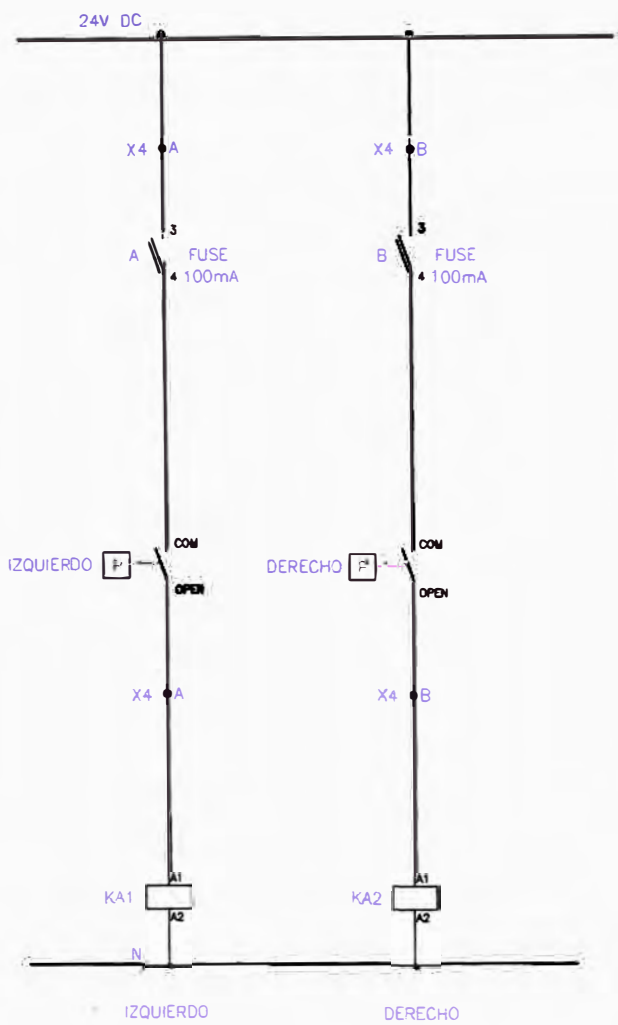
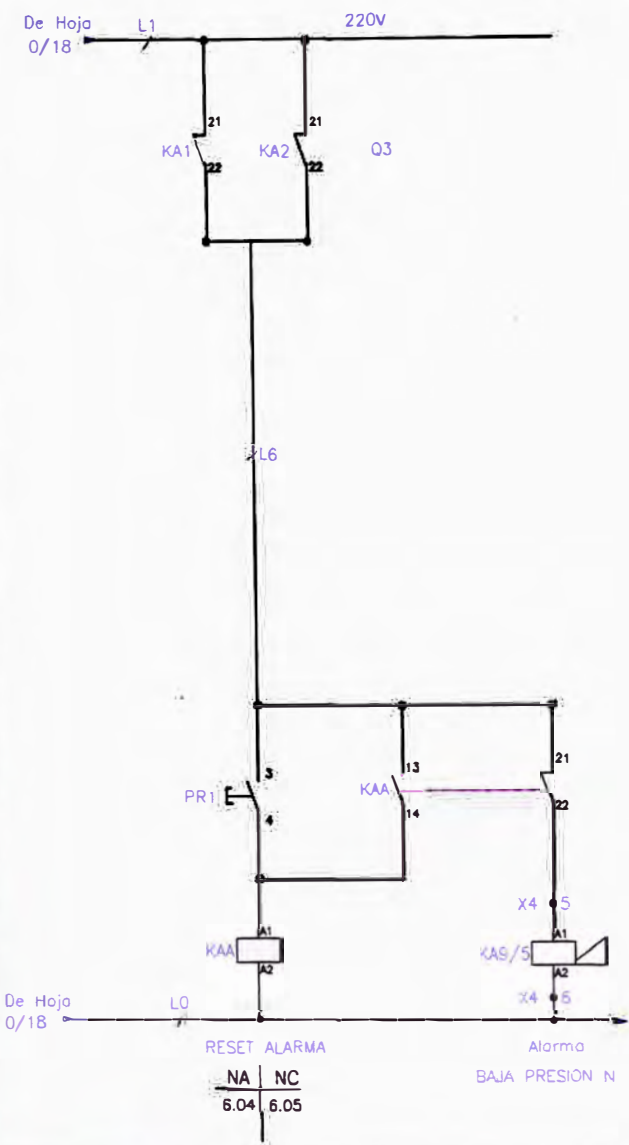
| | |
|------|------|
| NA | NC |
| 6.04 | 6.05 |

| COLORES DE CONDUCTORES | |
|------------------------|---------|
| Fase 220Vca | ROJO |
| Neutro 220Vca | CELESTE |
| +24Vcc | VIOLETA |
| -24Vcc | PLOMO |

| | | | | | | | |
|-----------------------------|--|---|---|---------------------------------|--|----------------------------------|---|
| <p>DPTO. AUTOMATIZACION</p> | <p>INDUSTRIAS DEL ESPINO S.A</p> <p>UCHIZA SAN MARTIN - PERU</p> | <p>PROYECTO:</p> <p>PLANTA DE HIDROGENACION</p> <p>- IDE S.A -</p> | <p>TITULO:</p> <p>CIRCUITO DE ALARMA</p> <p>CCM PLANTA HIDROGENACION</p> <p>PLANDS FUNCIONALES</p> | <p>Secc.</p> <p>GRAL</p> | <p>Carp.</p> <p>1</p> | <p>Pos.</p> <p>-</p> | <p>PROYECTO N° - 9</p> <p>Fecha: 20/05/09</p> |
| | | | | <p>+</p> <p>-</p> | <p>Archivo : Hoja_57.dwg</p> <p>Nro PLAND: AR024071/57 Rev:001</p> | <p>HOJA: 09</p> <p>HOJAS: 57</p> | |

Revisado : Juan J. Bravo

Dibujado : Mario Gálvez / Orlando Gálvez



| COLORES DE CONDUCTORES | |
|------------------------|---------|
| 220Vcc | ROJO |
| 24Vcc | VERDE |
| 24Vcc | VIOLETA |
| 24Vcc | BLANCO |