

DISEÑO DE LA AUTOMATIZACION DE UN SISTEMA *HVAC* PARA UN CUARTO DE CONTROL EN LA INDUSTRIA PETROQUIMICA

JUAN SALVADOR ROSERO TOVAR

GERSON LUIS PEREZ TORRES

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA

CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.
2012

DISEÑO DE LA AUTOMATIZACION DE UN SISTEMA HVAC PARA UN CUARTO DE CONTROL EN LA INDUSTRIA PETROQUIMICA

JUAN SALVADOR ROSERO TOVAR

GERSON LUIS PEREZ TORRES

Trabajo integrador presentado como requisito para optar al título de Especialista en Automatización y Control de Procesos Industriales

M.Sc. JORGE E. DUQUE P.

Director

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERIA

CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.

2012

CARTAGENA D .T. y C, septiembre de 2013

Señores

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERIA

COMITE DE EVALUACION DE PROYECTO DE GRADO

Ref: Entrega de trabajo integrador como requisito para optar el título de especialista.

Cordial Saludo:

De la manera más atenta me dirijo a ustedes con el fin de realizar la entrega formal del trabajo integrador titulado "***DISEÑO DE LA AUTOMATIZACION DE UN SISTEMA HVAC PARA UN CUARTO DE CONTROL EN LA INDUSTRIA PETROQUIMICA***" como requisito para optar al título de especialista en automatización y control de procesos industriales, el cual fue realizado por los estudiantes JUAN SALVADOR ROSERO TOVAR y GERSON LUIS PEREZ TORRES a quienes asesoré en su ejecución.

Agradezco de antemano la atención prestada

Atentamente

Jorge E. Duque P.

Magister en Ingeniería Electrónica

CARTAGENA D .T. y C, octubre de 2013

Señores

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERIA

COMITE DE EVALUACION DE PROYECTO DE GRADO

Ref: Entrega de monografía como requisito para optar el título profesional

Cordial Saludo:

De la manera más atenta me dirijo a ustedes con el fin de realizar la entrega formal del trabajo integrador titulado: **“DISEÑO DE LA AUTOMATIZACION DE UN SISTEMA HVAC PARA UN CUARTO DE CONTROL EN LA INDUSTRIA PETROQUIMICA”** como requisito para optar al título de especialista en automatización y control de procesos industriales.

Agradezco de antemano la atención prestada

Atentamente

Juan Salvador Rosero Tovar

Gerson Luis Pérez Torres

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Cartagena de Indias, octubre de 2013

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| RESUMEN..... | 5 |
| INTRODUCCION..... | 5 |
| 1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA..... | 6 |
| 2. MARCO TEORICO..... | 7 |
| 2.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA HVAC..... | 9 |
| 3. MODELOS Y ETAPAS DE INGENIERA..... | 19 |
| 3.1 PRIMERA ETAPA..... | 19 |
| 3.1.1 DEFINICION Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD..... | 19 |
| 3.1.1.1 FACTIBILIDAD TECNICA..... | 21 |
| 3.1.1.1.1 SELECCIÓN DE SENSORES..... | 21 |
| 3.1.1.1.1.1 SENSOR DE METANO..... | 21 |
| 3.1.1.1.1.2 SENSOR DE AMONIACO..... | 22 |
| 3.1.1.1.1.3 SENSOR DE DIOXIDO DE AZUFRE..... | 23 |
| 3.1.1.1.1.4 SENSOR DE MONOXIDO DE CARBONO..... | 23 |
| 3.1.1.2 FACTIBILIDAD ECONOMICA..... | 23 |
| 3.2 SEGUNDA ETAPA..... | 25 |
| 3.2.1 DISEÑO DEL SISTEMA..... | 25 |
| 3.2.1.1 NORMAS Y/O ESTANDARES APLICABLES..... | 26 |
| 4 COSTOS Y BENEFICIOS..... | 28 |

| | |
|----------------------|----|
| 4.1 COSTOS..... | 28 |
| 4.2 BENEFICIOS..... | 28 |
| 5 CONCLUSIONES..... | 30 |
| 6. BIBLIOGRAFIA..... | 31 |
| 7. ANEXOS..... | 32 |

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. Esquema básico de un sistema HVAC
- FIGURA 2. Vista de las torres de enfriamiento
- FIGURA 3. Diagrama en detalle del sistema HVAC
- FIGURA 4. Algoritmo principal del sistema HVAC
- FIGURA 5. Algoritmo función de arranque del sistema HVAC
- FIGURA 6. Algoritmo función de recirculación de aire del sistema HVAC
- FIGURA 7. Algoritmo función de reanudación del sistema HVAC
- FIGURA 8. Algoritmo función de apagado sistema HVAC
- FIGURA 9. Diagrama PI&D del sistema HVAC
- FIGURA 10. Aspecto del sensor-transmisor GDS-48 LEL Smart IR
- FIGURA 11. Aspecto del sensor EC F9 NH3 de Honeywell
- FIGURA 12. Aspecto del detector de dióxido de azufre Siger Sensepoint de Honeywell
- FIGURA 13. Aspecto del sensor-transmisor de monóxido de carbono Zareba de Honeywell

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Condiciones de diseño del sistema HVAC

TABLA 2. Cuadro de cantidades de obra y materiales a implementar en el sistema HVAC

RESUMEN

Con el siguiente proyecto se pretende realizar el diseño de la automatización de un sistema HVAC para un cuarto de control en la industria petroquímica aplicando las normas y buenas prácticas de ingeniería. Dicho diseño se desglosa con los siguientes objetivos específicos:

- Caracterización del sistema HVAC y el cuarto de control en la industria petroquímica de acuerdo con sus especificaciones técnicas
- Selección de los sensores y actuadores necesarios que cumplan con las especificaciones
- Diseño de la estrategia de control con base en las especificaciones y las condiciones de operación del cuarto de control
- Diseño de la lógica de control del PLC con base en las normas IEC
- Diseño del sistema supervisorio teniendo en cuenta las buenas prácticas de ingeniería y normas aplicables
- Diseño de un protocolo de pruebas y mantenimiento del sistema automatizado
- Realización del estudio técnico-económico para la implementación del proyecto

Con lo anterior se busca garantizar seguridad y confiabilidad de la operación del cuarto de control, el cual se encarga, como su nombre lo indica, de todas las operaciones que controlan las condiciones óptimas del ambiente para los equipos ubicados en el cuarto de control y en el que de manera permanente se encuentra un considerable grupo de personas laborando en él, he aquí la mayor importancia en este sistema.

1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

El sistema de aire acondicionado del Cuarto de Control Central (CCB) de una empresa en el sector petroquímico de Cartagena de Indias, debe cumplir con las funciones de Calefacción, Ventilación y Aire acondicionado (de aquí en adelante se denominará como HVAC, por sus siglas en ingles, Heating Ventilation and Air Conditioning) fue diseñado para funcionar con dos de tres unidades, una de ellas en stand-by, y con una capacidad de 50T cada una. Este equipo se instalo durante la ejecución del proyecto de automatización.

El HVAC, consiste de un sistema inteligente de elementos que regulan presión, humedad y temperatura en cuarto ó edificio, además cuenta con sensores de gases externos, el cual permite detectar y aislar el interior del edificio de los gases exteriores. Su sistema de control es manejado por un PLC, en el cual se configuran todas las señales de entrada (temperatura, porcentaje de gases, presión, humedad, sistema contraincendios, etc.) y el controlador mantiene las variables de salida según los parámetros configurados, además restringe flujos mediante *dampers* (válvulas tipo mariposa) en caso de presencia de incendio ó gases tóxicos.

En una anterior inspección (mucho antes de la ejecución de este proyecto) realizada para verificar el estado funcional del sistema, se encontraron las siguientes condiciones:

- Se realizo prueba funcional a los Dámpers y éstos funcionan correctamente.
- Los sensores no se han calibrado desde su puesta en servicio.
- El sistema diferencial de presión funciona correctamente.
- Los filtros están fuera de servicio.
- Se evidencian señales cableadas con by-pass en la lógica del PLC.
- El indicador del diferencial de presión funciona correctamente.

Adicionalmente el sistema el sistema HVAC contaba con un sistema supervisorio instalado en un Laptop, el cual monitoreaba las variables de los componentes asociados a todo el sistema; dicho supervisorio tenía un software propietario de Carrier UTC llamado ComfortView 2.0. El software además de monitorear las variables también realizaba seguimiento al control del

PLC dependiendo de las alarmas de entrada que llegaban, el control básicamente consistía en:

- **Alarma contraincendios dentro del edificio:** Cuando aparece esta alarma el sistema apagaba las tres unidades hasta que desapareciera la alarma.

- **Alarma contra incendio fuera del edificio:** Cuando recibe esta señal de alarma el sistema cierra el dámper de aire exterior, apaga los motores de los filtros y mantiene la operación del edificio recirculando el aire. Cuando la señal desaparece abre el dámper, y cuando éste está abierto a más del 95% prende los motores de los filtros.

- **Señal de detección de gas:** Cuando la señal de gases esté por encima de los límites parametrizados, el sistema cierra el dámper exterior y deshabilita los filtros de aire hasta que la señal se restablezca.

- **Cambio de unidad con alarma:** Normalmente funcionan dos de tres unidades, cuando el sistema detecta alarma de una de las unidades, éste posiciona los dámpers, apaga el equipo con problemas y arranca la que está en stand-by.

Debido a la ausencia de rutinas de mantenimiento, el sistema HVAC del CCB presenta varias condiciones sub-estándares que lo hacen funcionar en la actualidad sólo como un sistema convencional de aire acondicionado, es decir, sólo recirculando el aire dentro del edificio, dejando a un lado las otras *funciones de seguridad* para las cuales fue concebido. Adicionalmente, la información acerca del algoritmo del sistema de control es nula, convirtiéndolo en una completa caja negra.

Teniendo en cuenta las múltiples condiciones fuera de su diseño original con que cuenta actualmente el sistema, se requiere realizar un mantenimiento integral al sistema de control para garantizar funcionalidad y confiabilidad ante condiciones de incendio y presencia de gases en el edificio del CCB. Lo que conlleva a plantear cambios y/o actualización en sensores y equipos varios para la puesta a punto del HVAC.

2. MARCO TEORICO

Un HVAC es un sistema que trabaja sobre el calentamiento, enfriamiento y deshumidificación del aire en un recinto con el fin de garantizar unas condiciones dadas en el mismo (ver figura 1).

El sistema HVAC está concebido para mantener las condiciones óptimas de un cuarto de control en donde normalmente se encuentra personal laborando y se encuentran ubicado todo el sistema de monitoreo y control de una empresa. En plantas petroquímicas esto representa una gran importancia teniendo en cuenta que en los alrededores del cuarto siempre existe la probabilidad de que se presenten gases y nubes tóxicas que provienen de plantas cercanas o de cualquier tipo de incendio o explosión que se produzca en las mismas instalaciones que pueden filtrarse al recinto mencionado.

En nuestro caso el sistema debe garantizar las condiciones optimas en 3 recintos (zona 1, zona 2 y zona 3 (ver figura 1) del cuarto del control con el fin de brindar seguridad al personal que permanece y/o ingresa a él.

El modo de operación del sistema es el siguiente:

- El sistema está constituido inicialmente por un conjunto de acondicionadores de aire, compuesto por 3 unidades, de las cuales 2 de ellas operan simultáneamente y, la restante, entra en caso de condición de alarma por falla en el funcionamiento de las 2 primeras unidades.
- Una vez el sistema considera que el aire al exterior del cuarto cumple con las condiciones de salubridad procede a ingresarlo al cuarto para acondicionarlo.
- Constantemente está sensando valores de temperatura, presión, humedad y gases para garantizar las condiciones del ambiente en el cuarto.
- En caso de que los sensores de gases detecten que el aire de entrada se encuentra por fuera de los parámetros establecidos ó la presencia de gases tóxicos, el sistema cierra el acceso (dámper zona 1, 2 y3) a cada una de las áreas y se pone en modo recirculación

del aire interno para garantizar la seguridad del personal. De igual manera, si la presión del aire al interior del cuarto excede los límites establecidos, el sistema cierra el dámper barométrico.

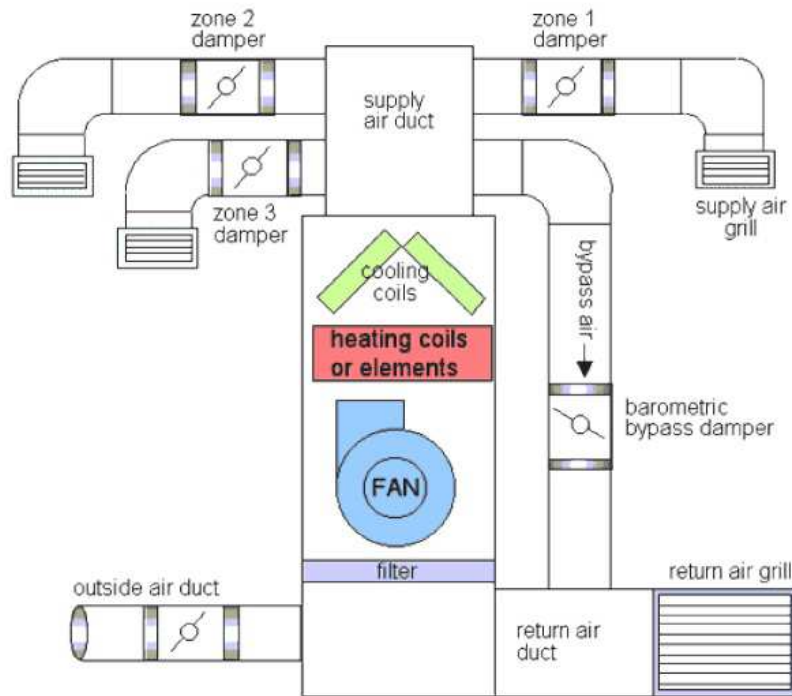


Figura 1. Esquema básico de un HVAC

- Ahora, en caso de que se genere alarma por salida de operación de una de las unidades de aire acondicionado el sistema la sustituye por la unidad que por diseño permanece en “stand-by” para continuar con la operación normal.

2.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA HVAC

El funcionamiento de un sistema HVAC consiste en climatizar un ambiente (suministro de aire frío ó caliente dependiendo de la situación) a un cuarto de control.



Figura 2. Vista de las torres de enfriamiento

En esta actividad, el sistema debe estar al tanto de cualquier alarma detectada en los equipos por mal funcionamiento, cualquier nivel de gases (oxígeno, metano, cloro y amoníaco) que ingrese al cuarto proveniente del exterior por fuera de rango ó señal de posible incendio dentro y fuera del edificio ó variación en la presión de aire en el recinto (por arriba ó por debajo de lo estipulado).

El sistema está constituido por las siguientes partes:

- Sistema de acondicionamiento de ambiente el cual involucra 3 subsistemas (2 activas, AC1-AC3, y 1 en stand-by, AC2, a espera de falla de las 2 anteriores) y cada una está constituida así:
 - 1 torre de enfriamiento (chiller)
 - 1 bomba de agua de condensación

- 1 filtro químico
 - 1 unidad climatizadora (1 calefactor, 1 humidificador, 2 ventiladores centrífugos, 1 sensor de humedad, 1 sensor de temperatura, 1 sensor de flujo de aire)
 - 1 unidad condensadora
 - 1 calefactor
 - 1 humidificador
- Dampers ó válvulas que controlan el flujo del aire en todo el sistema de ductos del cuarto
- Damper 1 (D1): controla flujo a la salida de la unidad climatizador AC1
 - Damper 2 (D2): controla flujo a la salida de la unidad climatizador AC3
 - Damper 3 (D3): habilita la suma de flujos entre unidades AC1 y AC2
 - Damper 4 (D4): habilita la suma de flujos entre unidades AC2 y AC3
 - Damper 5 (D5): habilita flujo para las unidades AC1 y AC2
 - Damper 6 (D6): habilita flujo para las unidades AC2 y AC3
 - Damper 7 (D7): controla la entrada de flujo de aire del exterior hacia el cuarto
- Interruptores de flujo de aire
- Interruptor 1: permite retorno de aire de las oficinas hacia la entrada de las unidades climatizadora en modo recirculación de aire (normalmente cerrada)
 - Interruptor 2: permite salida de la unidades climatizadoras hacia las oficinas tanto en modo recirculación de aire como en operación normal
 - Interruptor 3: permite salida de la unidades climatizadoras hacia los C.C.C tanto en modo recirculación de aire como en operación normal
 - Interruptor 4: permite retorno de aire de los C.C.C hacia la entrada de las unidades climatizadora en modo recirculación de aire (normalmente cerrada)

Como se puede apreciar en la figura 3, el sistema HVAC tiene su grado de complejidad, pero se puede entender fácilmente su funcionamiento. Para comprenderlo mejor, hay que referirse a la secuencia normal de arranque de cada equipos, la cual consiste, por ejemplo, tomando la unidad AC1:

- 1) Apertura del damper de suministro D1
- 2) Cierre del damper de interconexión con unidad de stand-by D5
- 3) Apertura del damper de retorno
- 4) Encendido del ventilador del filtro químico VF1
- 5) Encendido de la bomba de agua B1
- 6) Monitoreo del agua en B1
- 7) Arranque de la torre de enfriamiento T1
- 8) Apertura dâmpers de toma aire del exterior D7
- 9) Encendido del ventilador de la climatizadora UCL1
- 10) Encendido compresor C1-1 de la unidad condensadora UC1
- 11) Encendido compresor C2-1 de la unidad condensadora UC1

- 12) Monitoreo de la presión en unidad condensadora UC1
- 13) Monitoreo del sensor de temperatura en unidad climatizadora UCL1
- 14) Monitoreo del sensor de humedad en unidad climatizadora UCL1
- 15) Encendido ó apagado del sistema de calefacción y humidificación de la UCL1

Debido a que el sistema HVAC está sujeto a varios agentes externos, se pueden presentar las siguientes situaciones:

❖ **Situación 1:**

El sistema detecta una alarma en los equipos operantes AC1 ó AC3 ó que la temperatura de retorno del área bajo control supere los 80 °F (26,7 °C), éste debe:

- Apagar el equipo con alarma
- Activar alarma general para conexión con sistema de monitoreo principal del edificio
- Posicionar los dámpers para reemplazar al equipo alarmado
- Esperar a que los dámpers estén posicionados correctamente antes de enviar la orden de encendido del equipo de reemplazo
- Arrancar equipo de reemplazo
- Esperar a que el sistema con alarma cambie a estado normal
- Si el equipo alarmado se restablece como normal en todas sus variables, el sistema regresa a la posición normal y se desactiva la señal de alarma general

❖ **Situación 2:**

El sistema detecta alarma contra incendio dentro del edificio. En esta situación éste debe:

- Enviar señal de apagado a todas las unidades y mantiene esta posición hasta que la señal de alarma se restablezca como normal
- Reiniciar en procedimiento de arranque normal de los equipos

❖ **Situación 3:**

En este caso el sistema detecta alarma contra incendio fuera del edificio, con la cual ejecuta lo siguiente:

- Cierre del dámper de aire exterior
- Envío de comando para deshabilitar los motores de los filtros
- Mantener la operación del edificio con aire de retorno 100% hasta que la alarma se restablezca
- Enviar comando de apertura de dámper aire exterior una vez restablecido la alarma
- Enviar comando para habilitar los filtros cuando el dámper de aire exterior está abierto al 95%

❖ Situación 4:

La otra situación se da cuando el monitor de gases envía una señal mayor al límite establecido por el operador, en este caso se sistema actúa:

- Cerrando el dámper de aire exterior
- Deshabilita filtros de aire de los equipos hasta que la señal esté restablecida a nivel normal, donde se revierte la operación

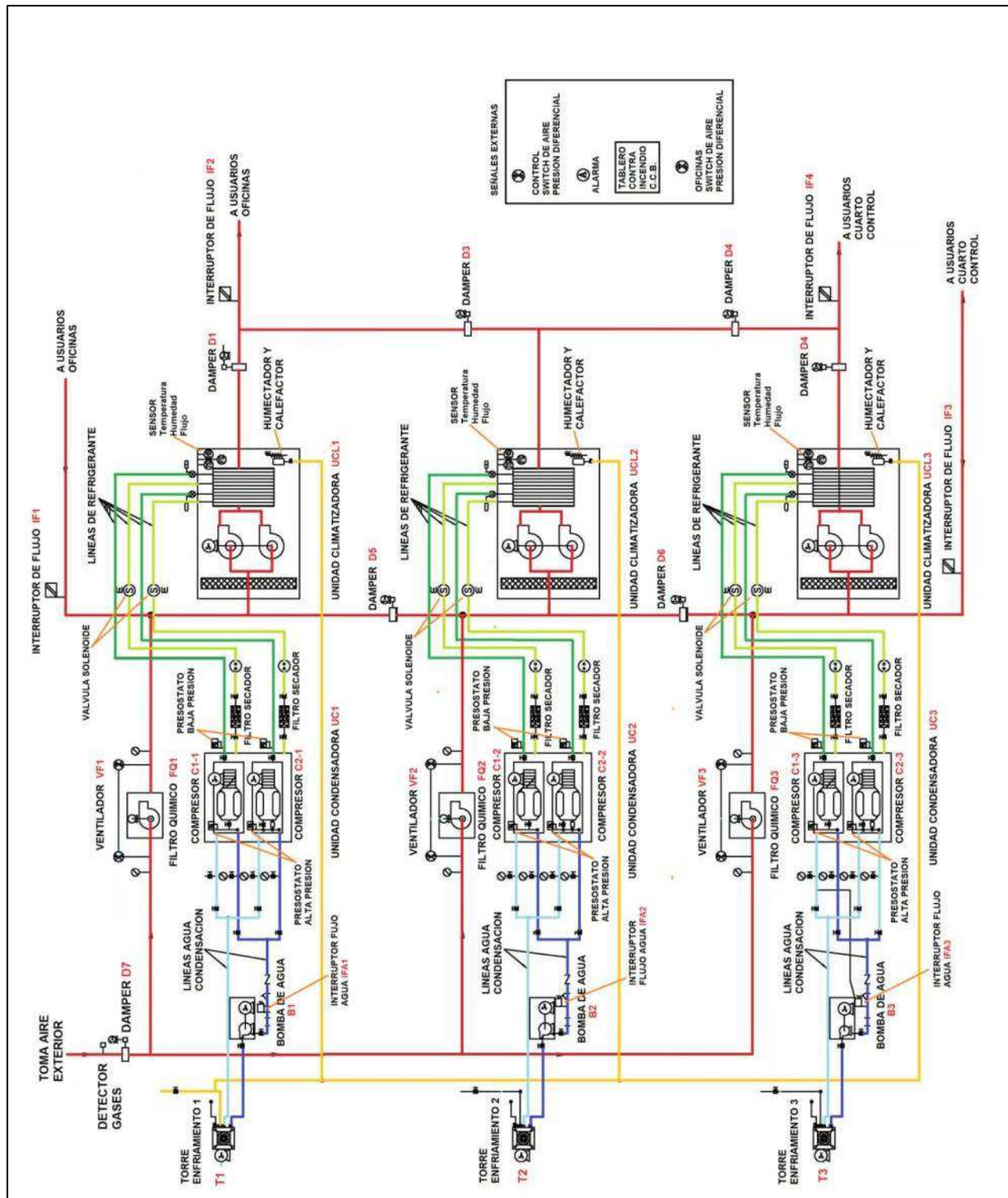
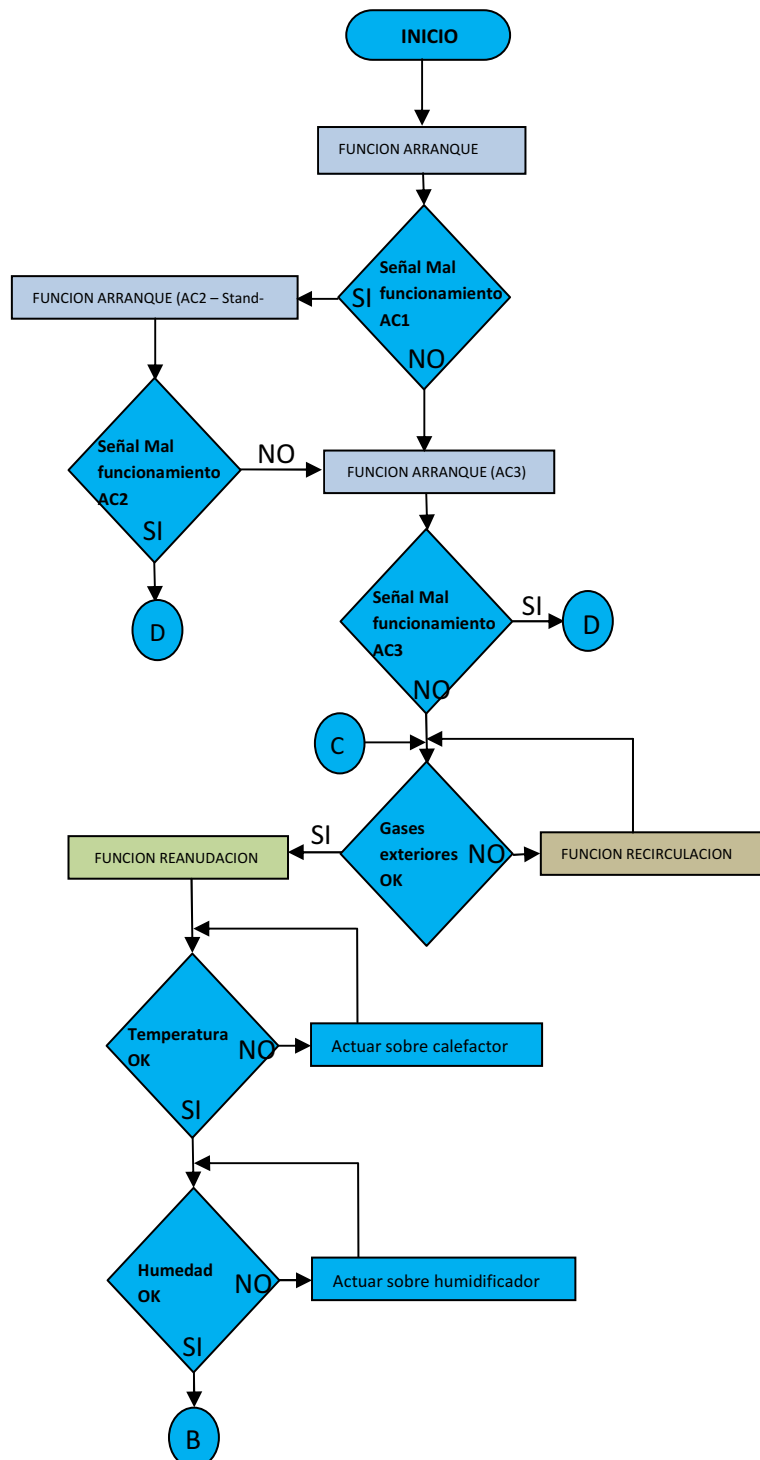


Figura 4. Algoritmo Principal del sistema HVAC: Esta rutina que siempre se está ejecutando, de esta manera se mantiene monitoreando todo el sistema con el fin de corroborar estados de falla y, en caso de encontrar alguna, llama a la respectiva función para que ejecute una acción específica que normalice ó lleve al sistema a una condición segura.



continúa...

...continuación

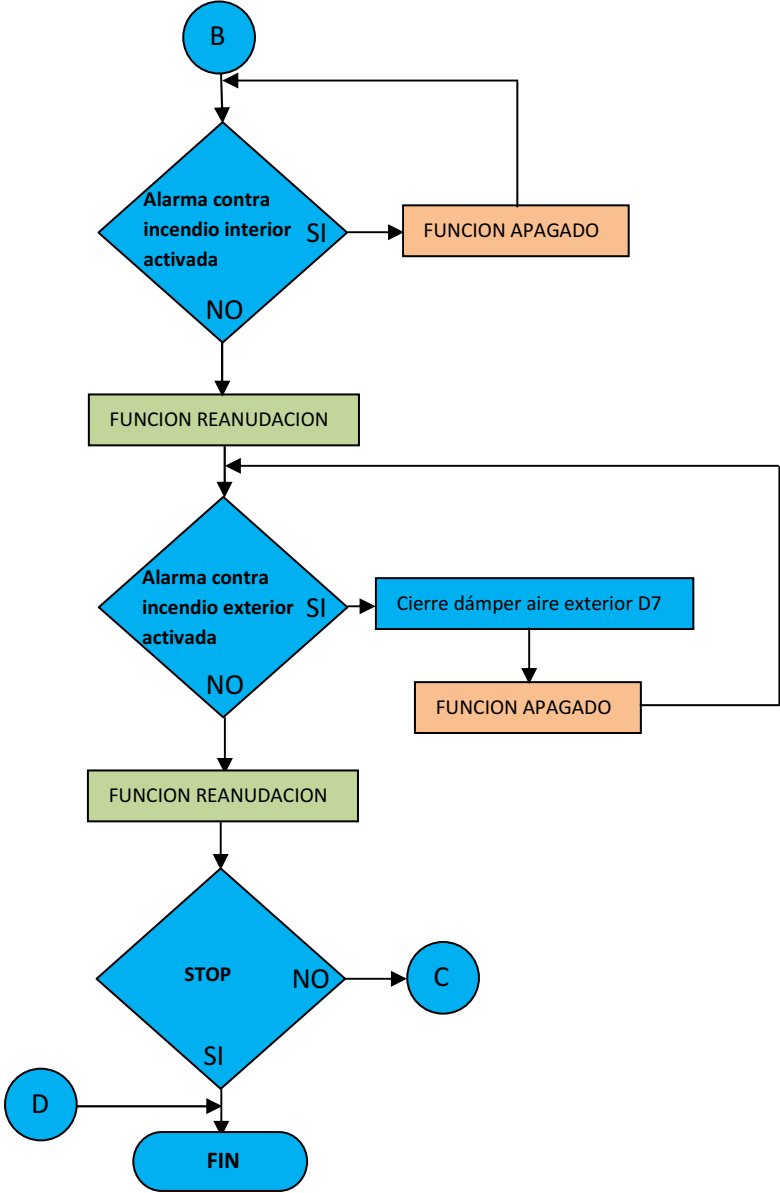
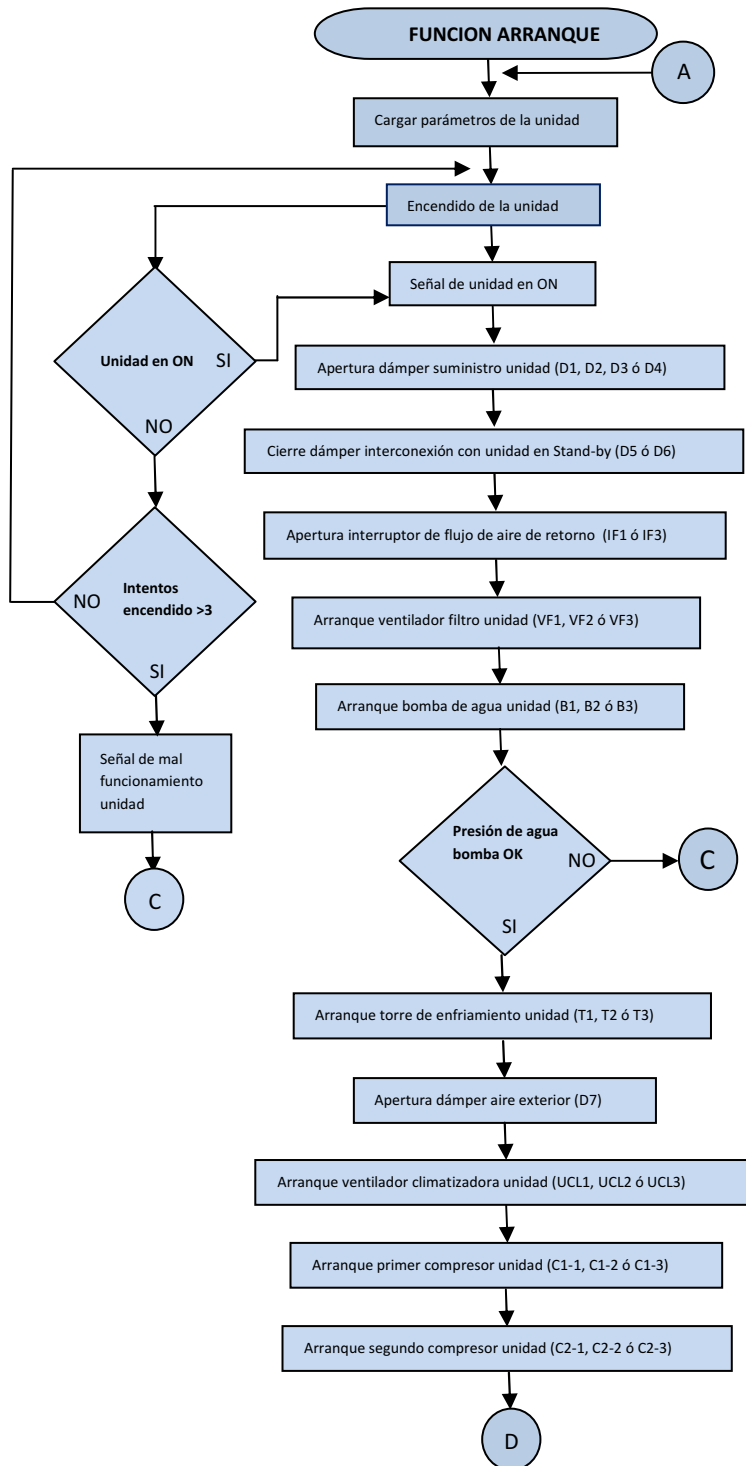


Figura 5. Algoritmo de la función arranque del sistema HVAC : Por medio de esta rutina se arrancan las unidades de aire acondicionado (AC1, AC2 ó AC3), según lo disponga el sistema HVAC ya sea por prioridad en la secuencia ó por daño de alguno de ellos.



continúa...

...continuación

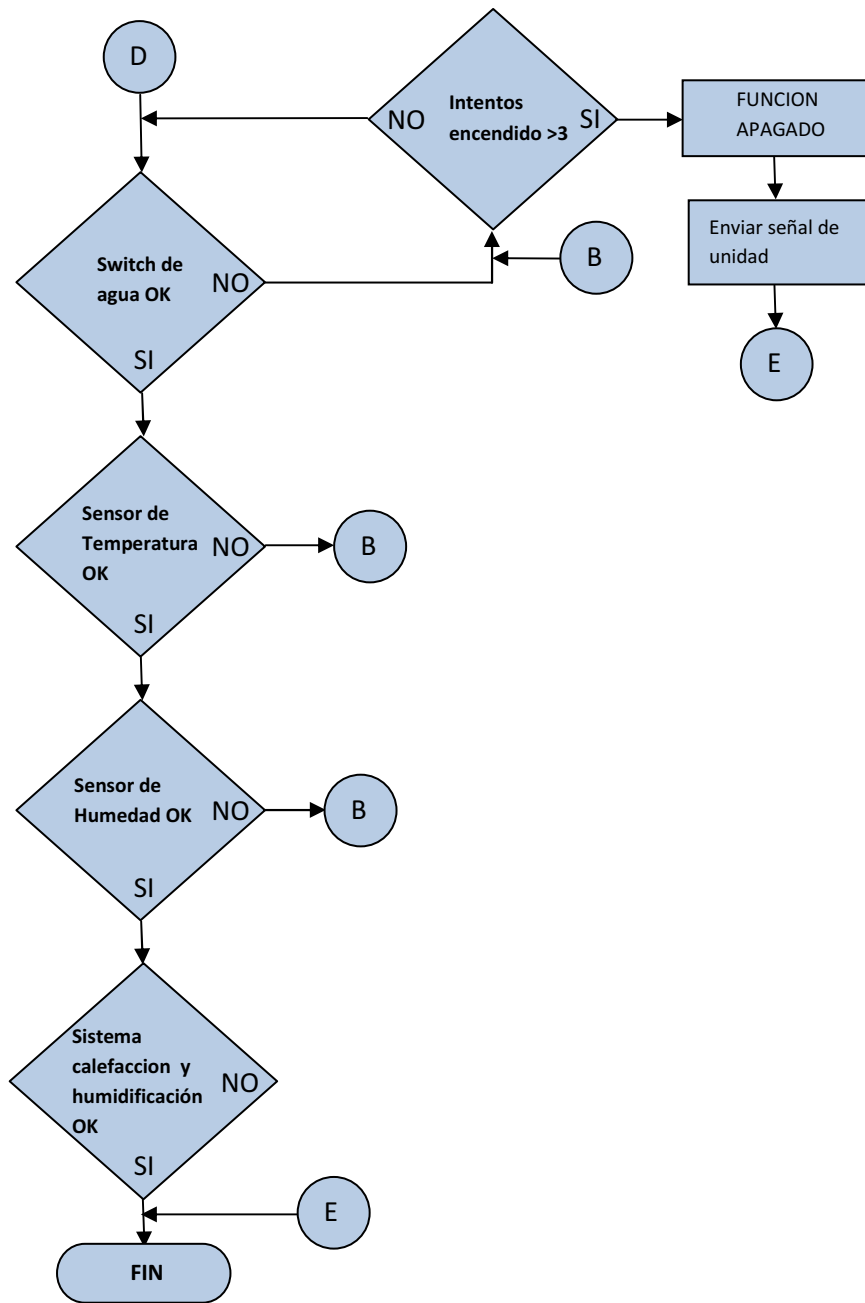


Figura 6. Algoritmo de la función Recirculación de aire del sistema HVAC: Por medio de esta rutina se programa el sistema HVAC para trabajar en modo recirculación de aire en el recinto, luego de detectar señal de incendio exterior ó mezcla de gases fuera de rango. En este caso el dámper que permiten el acceso del aire externo se cierra para impedir que ingresen al cuarto de control, pues se considera nocivo para el personal que se encuentra operando en él.

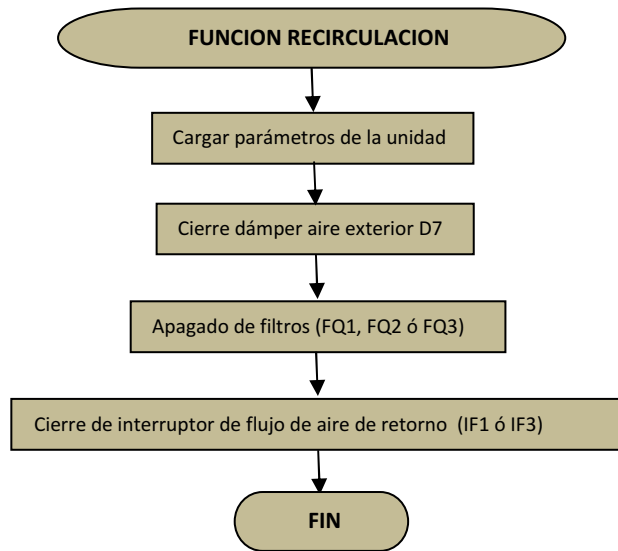


Figura 7. Algoritmo de la función Reanudación del sistema HVAC: Esta rutina se ejecuta una vez que el sistema detecta que ha desaparecido la condición de peligro (ya sea por cese de incendio ó inexistencia de gases nocivos) y habilita el subsistema de filtros para seguir tomando aire directamente del exterior con lo cual se finaliza el proceso de recirculación de aire.

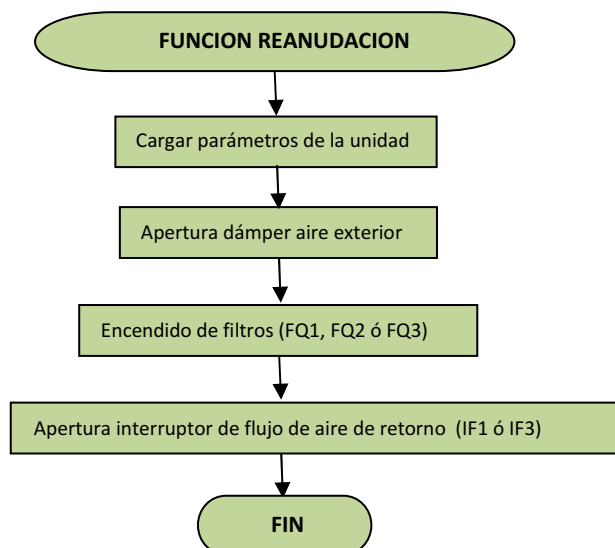
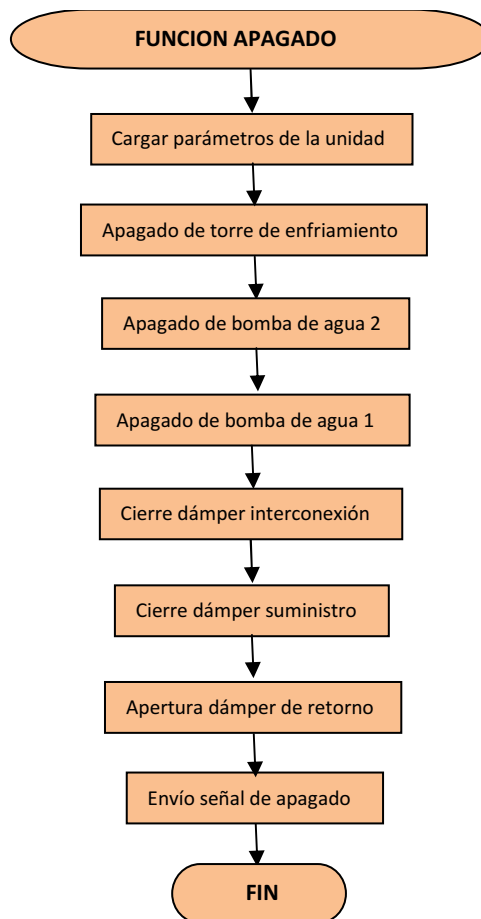


Figura 8. Algoritmo de la función de Apagado del sistema HVAC: Esta rutina se ejecuta para apagar todas las unidades que componen el sistema, también para el posicionamiento de dámpers, sí y sólo sí, se ejecutan labores de mantenimiento ó por la presencia de un incendio al interior del cuarto de control; en caso contrario, el sistema permanecerá trabajando de manera ininterrumpida.



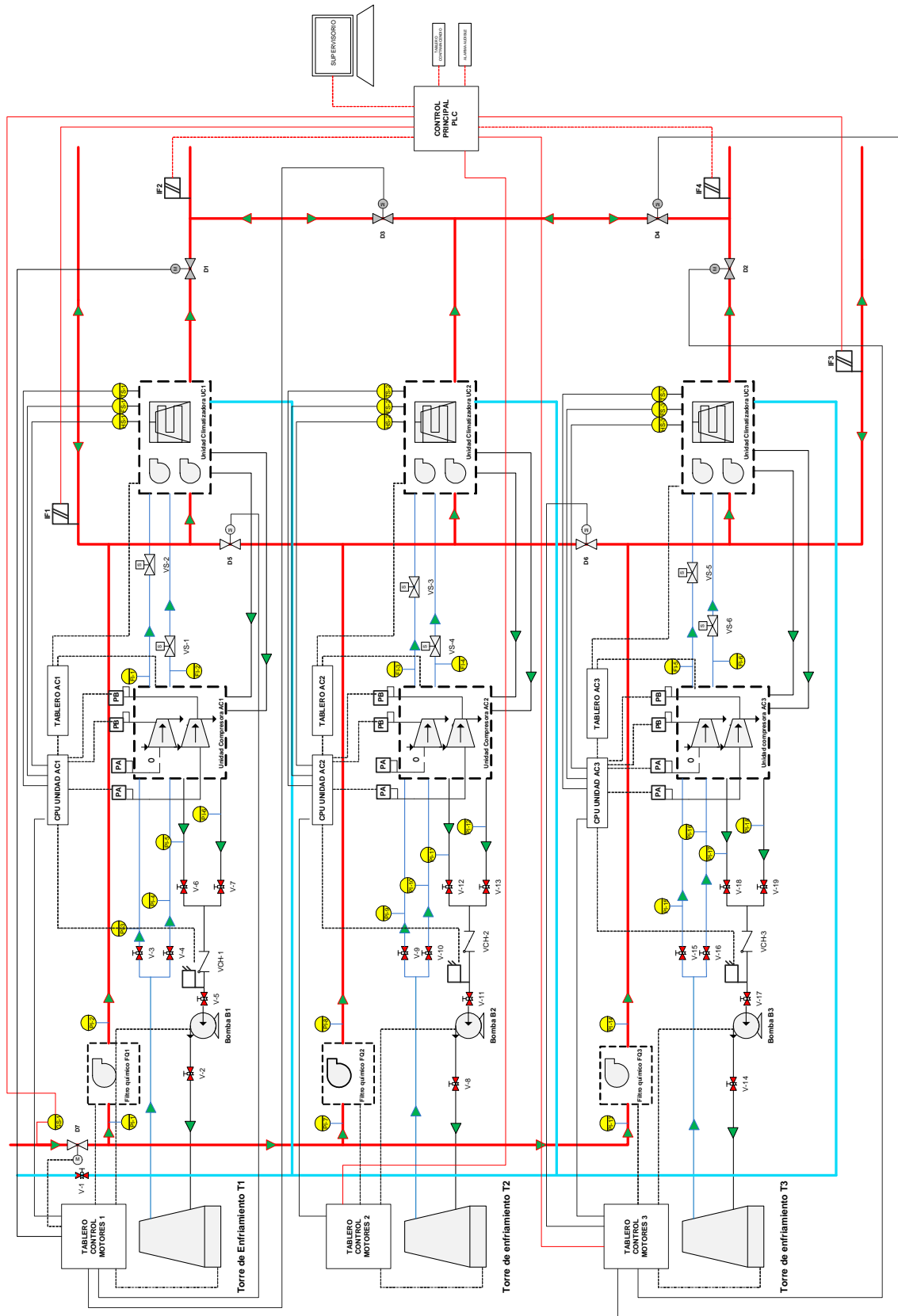


Figura 9. Diagrama PI&D del sistema HVAC

3. MODELOS Y ETAPAS DE INGENIERIA

3.1 PRIMERA ETAPA

3.1.1 Definición y estudio de factibilidad

Un estudio de factibilidad es un proceso por el cual se pueden medir los diferentes aspectos del posible éxito que se espera al implementar el nuevo diseño para el sistema HVAC.

Luego de estudiar exhaustivamente el sistema se llega a la conclusión que se presentarían 3 alternativas:

- ❖ **Alternativa 1:** En este caso se plantea la solución de poner a punto todos y cada uno de los subsistemas del HVAC sin la sustitución de accesorios propios del control, de esta manera, se implementarían mantenimientos mecánico y eléctrico con el fin de habilitar todas las acciones de los controladores. Se hace la salvedad que en esta alternativa no se contaría con un supervisorio, debido a ello, el HVAC quedaría completamente autónomo sin el beneficio de supervisión humana a través de software.
- ❖ **Alternativa 2:** Esta alternativa encierra el hecho de hacer una reevaluación del sistema y plantear la posibilidad de actualización de sensores, transmisores, controladores, supervisorio y mantenimiento general, pues actualmente el sistema HVAC no está funcionando como tal sino como un convencional sistema de aire acondicionado con recirculación de aire en el recinto. A parte de lo planteado anteriormente, en esta alternativa el sistema contaría con la opción de supervisión humana mediante software.
- ❖ **Alternativa 3:** Es aquella en la que se decide no implementar ninguna modificación al sistema, lo que indica que no habría costos asociados a compra de accesorios, diseños ni de instalaciones; los rubros estarían únicamente representados en mantenimientos.

Las anteriores alternativas deben ser estudiadas teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

3.1.1.1 Factibilidad técnica:

Consiste en el análisis de la tecnología existente en el sistema actual para recopilar la información sobre los componentes técnicos que posee el sistema y la posibilidad de hacer uso de los mismos. Debido a ello surgen 2 preguntas: ¿Qué tan práctica es la solución técnica a plantear? ¿Qué tan disponibles están los recursos técnicos y los especialistas?

Haciendo un estudio del sistema se observan varios puntos susceptibles de modificación:

- Cambio de sensores por otros de la misma tecnología o una más actualizada
- Implementación de otro supervisorio que cumpla con las mismas especificaciones

3.1.1.1.1 Selección de sensores

Para el sistema del cuarto de control se tienen 4 gases a monitorear en los alrededores (uno de éstos también hay que evaluarlo al interior del recinto, monóxido de carbono). Para la selección de los sensores se analizó una amplia gama encontrados en el mercado, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Precio
- Funciones que incluye: sensor, transmisor y/o controlador. No es deseable que tenga todo en uno, pues el sensor y el transmisor pueden estar en el mismo sitio, pero el controlador estará distante; debido a esto se requiere que sea sensor y/o transmisor
- Rango de medición
- Mínima concentración detectable
- Precisión
- Tiempo de respuesta. En este aspecto hay que tener en cuenta que el dispositivo que tenga el mayor tiempo de respuesta es el que define la velocidad del proceso de envío de información a procesar.
- Rango de temperatura de operación
- Rango de humedad de operación
- Rango de presión de operación
- Material de la carcasa
- Requerimientos para el montaje

- Máximo consumo
- Tipo de salidas
- Máxima longitud de cable
- Tipo de encapsulado
- Vida útil

3.1.1.1.1 Sensor de Metano

Según estudio realizado, luego de quedar dos equipos de marcas Honeywell y GDS Corp, el adecuado para este sistema es uno que incluye sensor y transmisor en uno de GDS Corp, el cual, además de cumplir con los parámetros de selección, es más barato y ofrece una vida útil de 5 años.

La referencia es *GDS-48 LEL SMART IR* (ver ficha técnica en el anexo).



Figura 10. Aspecto del sensor-transmisor GDS-48 LEL SMART IR

3.1.1.1.2 Sensor de amoníaco

Para este tipo de medición, teniendo en cuenta las condiciones del cuarto de control, la referencia escogida es la *EC F9 NH3 de Honeywell* (ver ficha técnica en el anexo).

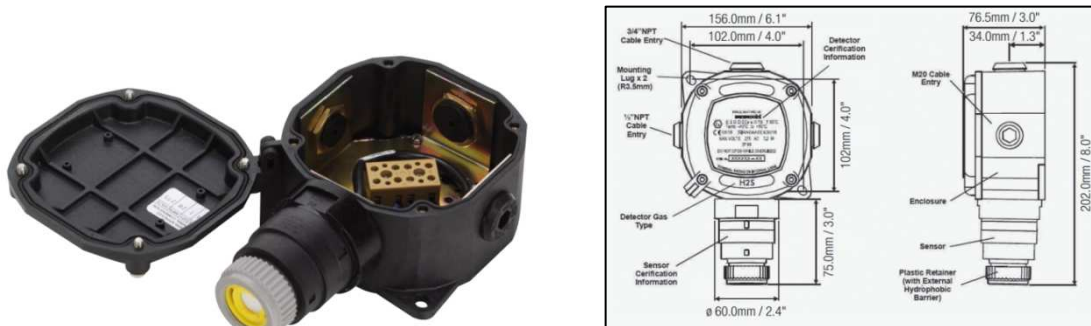


Figura 11. Aspecto del sensor de amoníaco *EC F9 NH3* de *Honeywell*

3.1.1.1.3 Sensor de dióxido de azufre

En lo que respecta a la detección del dióxido de azufre se escogió el *Sieger Sensepoint* de *Honeywell* (ver ficha técnica en el anexo).

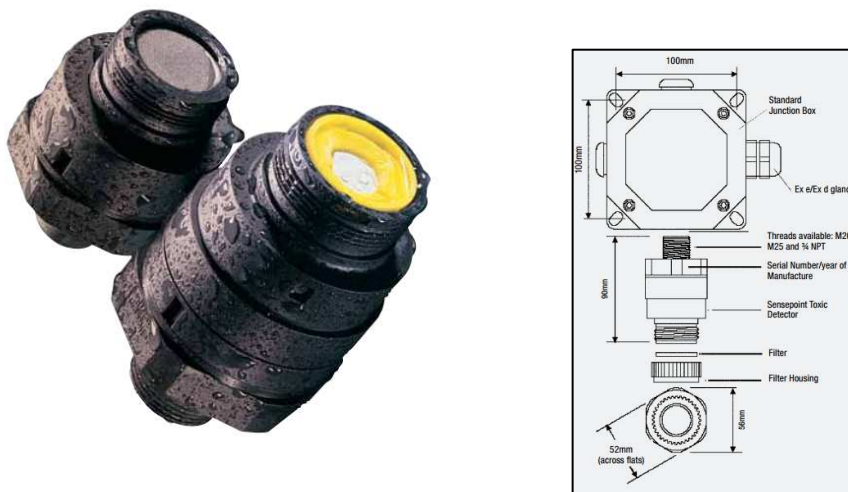


Figura 12. Aspecto del detector de dióxido de azufre *Sieger Sensepoint* de *Honeywell*

3.1.1.1.4 Sensor de monóxido de carbono

Para la detección de monóxido de carbono se escogió el *sensor-transmisor Zareba* de *Honeywell* (ver ficha técnica en el anexo).



Figura 13. Aspecto del detector monóxido de carbono *sensor-transmisor Zareba de Honeywell*

3.1.1.2 Factibilidad Económica:

Sirve para saber qué tan efectivo es el proyecto y cuál es su costo (análisis costo beneficio). Las técnicas para estimar la viabilidad económica son: análisis de repago, retorno de inversión, valor actual neto y tasa interna de retorno.

A continuación se detalla los resultados como producto del estudio de viabilidad financiera realizado:

3.1.1.2.1 Justificación financiera del Proyecto

Teniendo en cuenta el Riesgo al que están expuestos los trabajadores del CCB de una empresa de la industria del sector petroquímico de Cartagena de Indias se realizó la evaluación financiera con el fin de justificar la viabilidad del proyecto. Partiendo de lo anteriormente expuesto la pérdida más significativa que se puede llegar a generar es la afectación a las personas y en el caso más crítico la fatalidad de algunas de las personas presentes en el área expuesta teniendo en cuenta la peligrosidad de los gases presentes a los alrededores.

Haciendo un análisis de los costos en que puede llegar a incurrir la empresa en caso de que se materialice un incidente por la condición que presenta el HVAC del CCB de la Refinería de Cartagena en la actualidad, se estima que este puede llegar a costar alrededor de 3.000.000 Millones de pesos por persona por concepto de indemnización y teniendo en cuenta que en el Edificio laboran aproximadamente 20 personas el monto por indemnizaciones se encuentra alrededor de 60.000.000 Millones de pesos.

Para nuestro caso utilizaremos una probabilidad de Ocurrencia de 1% partiendo del hecho que

a la fecha no se ha dado nunca este tipo de incidentes en la industria del petróleo y que el análisis realizado con la matriz RAM arroja valoración M en cuyo caso se debe mitigar/Reducir para llevarlo a niveles tolerables.

Para efectos de nuestro análisis utilizaremos Tres indicadores financieros para expresar la viabilidad del proyecto como son TIR (Tasa Interna de Retorno), el Factor J ó relación Beneficio/Costo y el VPN (Valor presente Neto), también hay que anotar que la TMR (Tasa Mínima de retorno) establecido por Ecopetrol es del 11%.

Cabe aclarar que la alternativa seleccionada es la número dos (2) y para su selección se tuvo en cuenta el cuadro de análisis de alternativas (ver anexos). En las memorias de cálculo (ver anexos) se realizó un análisis con el riesgo base ó sin tener en cuenta la implementación de la alternativa propuesta y luego se realiza el mismo análisis con la alternativa implementada.

Como resultado de lo anterior se obtuvo una relación Beneficio/Costo de 8,3 lo cual indica que es un proyecto viable financieramente debido a que el factor J es mayor que 1. La TIR dio como resultado 54% es decir que la tasa interna de retorno para esta iniciativa se encuentra por encima del 11% que es la mínima establecida por Ecopetrol, es decir que también es viable tomando como medida este indicador. Y por último el VPN dio KUSD \$745,83 lo cual es un indicador muy bueno ya que la inversión que se tiene presupuestado realizar es de KUSD \$55,65 contra un retorno de inversión de KUSD \$745,83.

3.2 SEGUNDA ETAPA

3.2.1 Diseño del sistema:

Algo sumamente importante en cualquier diseño es conocer los parámetros con las cuales se tiene pensado trabajar el proyecto, debido a que definen las restricciones y rangos en los que se deben ubicar las variables a controlar:

| CONDICIONES AMBIENTE EXTERIOR | |
|-------------------------------|-----------------|
| Temperatura bulbo seco | 98° F (36,7° C) |
| Temperatura bulbo húmedo | 86° F (30° C) |
| Altura sobre el nivel del mar | 2m |
| Humedad relativa | 95% |

| | |
|---|----------------------|
| Ambiente | Tropical |
| CONDICIONES AMBIENTE INTERIOR | |
| Temperatura bulbo seco | 62° F (16,7° C) |
| Temperatura bulbo humedo | 70° F (21,1° C) |
| Humedad relativa | 50% ± 5% |
| Presurización | 0,1" C.A. |
| Velocidad mínima del aire hacia el exterior | 60 fpm (0,305 m/seg) |

Tabla 1. Condiciones de diseño del sistema HVAC

Confrontando los valores de rango para cada una de las variables a controlar versus los accesorios sobre los que se plantea actualización y/o cambio para el sistema, se obtiene el siguiente cuadro de ellos y sus cantidades:

| CANTIDADES DE OBRAS Y MATERIALES EDIFICIO CUARTO CONTROL | | |
|---|---------------|-----------------|
| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD |
| SISTEMA DE DETECCIÓN DE GASES CORROSIVOS, COMBUSTIBLES O TÓXICOS | UND | 1 |
| SENSOR Y TRANSMISOR INFRARROJO DE GASES COMBUSTIBLES | UND | 1 |
| SENSOR Y TRANSMISOR ELECTROQUIMICO DE AMONIACO | UND | 1 |
| SENSOR Y TRANSMISOR ELECTROQUIMICO DE DIOXIDO DE AZUFRE | UND | 1 |
| SENSOR Y TRANSMISOR ELECTROQUIMICO DE ANHIDRIDO SULFUROSO | UND | 1 |
| CONTROLADOR DE CUATRO CANALES | UND | 1 |
| KIT DE CALIBRACION PARA GASES COMBUSTIBLES | UND | 1 |
| KIT DE CALIBRACION PARA AMONIACO | UND | 1 |
| KIT DE CALIBRACION PARA DIOXIDO DE AZUFRE | UND | 1 |
| KIT DE CALIBRACION PARA ANHIDRIDO SULFUROSO | UND | 1 |
| SWITCH DE FLUJO DE AIRE PARA DUCTOS DE SUMINISTRO Y RETORNO | UND | 4 |
| CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE PLC | UND | 1 |
| CONTROLADOR DE LA UNIDADES DE AIRE ACONDICIONADO | UND | 3 |
| SUPERVISORIO | UND | 1 |
| MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE INTERFASE DE ALARMAS Y SEÑALES INDICADORAS DE OPERACION | GBL | 1 |
| MONTAJE DE EQUIPOS | GBL | 1 |
| CALIBRACION, PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA | GBL | 1 |
| FILTRO QUIMICO ESPECIAL DE AIRE EXTERIOR 1600 CFM DBS 404 | UND | 3 |
| SWITCH DIFERENCIAL DE PRESION | UND | 1 |

Tabla 2. Cuadro de cantidades de obra y materiales a implementar en sistema HVAC

3.2.1.1 Normas y estándares aplicables al proyecto:

Se tuvo en cuenta las normas técnicas internacionales para el desarrollo del proyecto y

tomando como base las normas ISA e IEC:

ICEA S-73-532 Estándares para cables de control

IEC 61131-3 Controladores lógicos programables (PLC)

NEMA Asociación nacional de fabricantes eléctricos

API 551 Medición de procesos

API 552 Sistemas de transmisión

ISA 5.1 Símbolos de instrumentación y su identificación

ISA S20 Especificación para formatos para medición de procesos e instrumentos de control, elementos primarios y válvulas de control

ISA-SP18 Gestión de sistemas de alarma y guía de diseño

API RP-500-1997 Classification of locations for electrical installation at petroleum facilities classified as class I, division 1 and division 2 Clasificación de sitios para instalación eléctrica

API RP-554-1995 Process Instrumentation and Control (5.4 Internal Environment)

ISA-S71.04 Condiciones ambientales para medición de procesos y sistemas de control.

4. COSTOS Y BENEFICIOS

4.1 Costos

La realización del presente Proyecto trae consigo los siguientes Costos:

- Montaje
- Interventoría
- Costos de Operación
- Costos de Mantenimiento
- Perdidas por disponibilidad y Confiabilidad (corresponde a la probabilidad de que ocurra un accidente por la no disponibilidad del sistema de filtración y del impacto que puede generar en la productividad).

En los anexos se encuentra el cálculo de los costos de Interventoría utilizando como fuente la información entregada por la coordinación de proyectos de la Refinería de Cartagena, estos alcanzan los 24,283 Dólares. En cuanto a los costo de mantenimiento éstos fueron obtenidos de consultas realizadas al área de mantenimiento y del sistema de gestión de mantenimiento Elipse de Ecopetrol S.A. durante el año 2011 los cuales oscilan alrededor de los 17.000 dólares; los costos de operación corresponden al consumo de energía eléctrica necesaria para el funcionamiento del sistema HVAC los cuales no fueron tenidos en cuenta para este análisis.

4.2 Beneficios

La realización del presente proyecto trae consigo los siguientes beneficios:

- Seguridad al personal que ingresa al cuarto de control
- Protección para los equipos de control
- Implementación de un sistema de monitoreo para las actividades realizadas en el sistema HVAC

- Reducción de costos de mantenimiento de los equipos involucrados en el acondicionamiento de aire, debido al sistema de monitoreo a implementar y de la electrónica de los equipos presentes dentro de las instalaciones.
- Finalmente, trae consigo beneficios económicos al corto, mediano y largo plazo, pues como se pudo constatar en los cuadros anteriores, NO implementar el sistema de automatización no es un ahorro, pues los riesgos asociados de dejar el sistema como está tienen un valor económico y mucho más grande que el de implementarlo.

5 CONCLUSIONES

En cuanto al rediseño, el cual consistió básicamente en analizar lo existente y proponer cambios por elementos actualizados, pero cumpliendo la misma función y cuya operación estuviera dentro de los parámetros que actualmente se manejan; asimismo, no desconociendo las condiciones ambientales que en un momento dado podrían afectarlos, se corrobora el hecho de que aún cuando dichos cambios representan una inversión nada despreciable, es bastante baja comparada con las repercusiones que traería el hecho de no hacerlo, según lo reza el análisis financiero realizado en el anexo.

Teniendo en cuenta la inspección realizada al sistema HVAC (con antelación a la ejecución de este proyecto) se hizo hincapié en aquellas secciones que ocasionan funcionamiento anormal en el mismo. Debido a ello no se analizaron puntos como: dämpers, sistemas diferencial de presión, indicadores de presión, pues están en perfectas condiciones y no requieren de modificaciones y/o cambio.

Los filtros químicos requieren de mantenimiento, pues no está funcionando en la actualidad y es considerado el pulmón del cuarto de control; sin su apoyo el sistema HVAC no tiene razón de ser. La referencia de éste corresponde a uno marca PURAFIL DEEP BED SCRUBBER de 800 CFM.

En cuanto al supervisorio el sistema estaba funcionando con un software propietario de Carrier UTC llamado ComfortView 2.0, el cual según diligencia realizada, Carrier cuenta con la actualización de éste, representando una gran ventaja, pues no habría que hacer mayores modificaciones a la rutina de control. De esta manera se suprime el cableado en by-pass en el que se tiene actualmente el sistema.

Finalmente en la parte que se plantean cambios es en lo que respecta a los sensores de metano, amoníaco, dióxido de azufre y monóxido de carbono, los cuales no han sido calibrado en mucho tiempo. Con el fin de evitar lecturas erróneas se recomienda cambiarlos por otros de características semejantes en cuanto a los rangos de trabajo, pero actualizados tecnológicamente.

Con las anteriores observaciones se logra poner al sistema a trabajar verdaderamente como un HVAC, es decir, que las tres unidades de acondicionamiento puedan trabajar en las combinaciones que se requiere y siempre con un respaldo en stand-by; además que en caso de detectarse mezcla de gases nocivos en el exterior, el sistema pueda reaccionar, posicionar dampers y ponerse en modo recirculaci3n de aire; finalmente, en caso de incendio al interior, ser capaz de apagar todas y cada una de las unidades y llevar el sistema a posici3n segura.

6 BIBLIOGRAFIA

- 1. Morris, s. Brian. Programmable Logic Controllers. Columbus, ohio. 2000.
- 2. American Petroleum Institute. Recommended Practice.
- 3. Portus, Lincoyán. Matemáticas Financieras. 4ª. Ed, McGrawHill, 1997.
- 4. Creus, Antonio. Instrumentacion Industrial, cap. 5, p-186
- 5. Mandado Pérez, Enrique. Controladores Lógicos y Autómatas programables. Barcelona España: marcombo. 2000.
- 6. Jiménez, Francisco. Mercado M., Roberto. Banco para el Control de Nivel en Tanques Interconectados en Paralelo. Cartagena: Universidad Tecnológica de Bolívar, 2002. P. 1, 5, 40, 57.
- 7. Ogata, Katsuhiko. Ingeniería De Control Moderna, Universidad de Minnesota. ed. México: Ann Marie Longobardo, p. 215-220.

DOCUMENTOS WEB:

- <http://www.vancontrols.com/shop/item.asp?itemid=1264>
- http://www.ueonline.com/petro_chem.shtml#UObP2hZZTOs
- https://www.combustiondepot.com/store/cart.php?m=product_list&c=555
- <http://sensidynegasdetection.com/products/industrial-point-gas-detection-products/gas-detection-controllers/sensalert-four-channel-gas-detection-controller.html>
- Instrumentación Industrial - Medición de flujo másico, En pagina Web <http://www.sapiens.itgo.com/documents/doc20.htm>. consultado: Junio 2008
- SIEMENS AG INDUSTRY SECTOR. "SIMATIC S7-200 Tecnología de control al máximo nivel, Internet: (https://www.click4businessplies.siemens.de/images_artikel/e20001-a1020-p272-x-7800.pdf).
- GRUMSTRUP, B.F. HAGEN, M.*. Salidas HART, TEXC.A en pagina web: <http://www.texca.com/hart.htm#Perspectivas>, 1999
- CANALES, Juan. Aplicación De Sistemas De Información En Los Procesos De Producción, En pagina web: <Http://canales9.tripod.com/Articulo.htm> consultado: junio 2008
- MEICHSNER, Kurt. El protocolo HART, En pagina Web: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mv?xid=95&rank=1>, enero 2004
- <http://www.yokogawa.com/fld/PRESSURE/EJX/fld-ejx-group-01en.htm>
- <http://www2.emersonprocess.com/en-US/brands/rosemount/Pressure/Pages/index.aspx>

7 ANEXOS

FILTRO QUÍMICO ESPECIAL

| | |
|---|---|
| TIPO | DBS 404 |
| Gabinete | Aluminio extruido 3003H14 |
| Número de pasos | 3 |
| Velocidad del aire | 100 FPM |
| Flujo de aire | 1.600 CFM |
| Tiempo de residencia del aire | 2.0 Sg. |
| Diferencial de presión en prefiltros | 0.2 I.WG |
| Diferencial de presión en cada lecho de media filtrante | 0.70 I.WG |
| Diferencial de presión en el filtro final | 0.3 I.WG |
| Prefiltros | (2) 24" X 24" X 2" |
| Prefiltros | (2) 12" X 24" X 2" |
| Filtro final | (2) 24" X 24" X 5" |
| Diámetro Blower | 15" aprox. |
| Código fabricación | ASTM A-6 |
| Certificación | ISO 9001 |
| MOTOR | |
| Capacidad del motor eléctrico | 5.0 HP aprox. |
| Voltios/Fases/Ciclos/RPM | 460/3/60/1.750 |
| Tipo | TEFC |
| Conexión | "Y" Estrella |
| Aislamiento | Clase "F" tropicalizado |
| Devanado | Alambre de cobre |
| Rodamientos | Sellados tipo 2 Z |
| Vida operación normal | 50.000 horas |
| Ambiente de operación | Acido industrial y marino. |
| Marcas | General Electric, Siemens, US Motor, Baldor |
| Lechos de media filtrante | 3 |
| MEDIAS FILTRANTES | |
| Certificación | UL Class I - II |
| 1º lecho | Carbón activado, alúmina activada y hidroxido de potasio en peletas de 1/8" diámetro aprox. |
| 2º lecho | carbón acticado y acido fosfórico en peletas de 1/8" de diámetro aprox. |
| 3º lecho | oxido de aluminio, permanganato de potasio, bicarbonato de sodio y agua en peletas de 1/8" diámetro |
| Estación de Medición | Manómetros para pre-filtro y filtro final |
| Tipo de manómetro | Magnetico |
| Material carcaza del manómetro | Aluminio estandar |

SISTEMA DE DETECCION DE GASES

| SENSOR PARA GASES COMBUSTIBLES | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Tipo | Infra-rojo |
| Rango de medición | 0 - 100% LEL |
| Mínima concentración detectable | 1.0 % LEL |
| Precisión | +/- 5% de la escala total |
| Tiempo de respuesta | < 60 segundos |
| Rango de temperatura de operación | -20° C a 70° C |
| Rango de humedad de operación | 0 - 99% |
| Rango de presión | 13 - 16 psi |
| Oxígeno requerido | 0 |
| SENSOR PARA AMONIACO | |
| Tipo | electroquímico |
| Rango de medición | 0 - 100 ppm |
| Mínima concentración detectable | 1.0 ppm |
| Precisión | +/- 10% de la escala total |
| Tiempo de respuesta | < 15 segundos |
| Rango de temperatura de operación | -20° C a 45° C |
| Rango de humedad operación | 0 - 90% |
| Rango de presión | 13 - 16 psi |
| Oxígeno requerido | 1% por volumen mínimo |
| SENSOR PARA ANHIDRIDO SULFUROSO | |
| Tipo | electroquímico |
| Rango de medición | 0 - 100 ppm |
| Mínima concentración detectable | 0.2 ppm |
| Precisión | +/- 10% de la escala total |
| Tiempo de respuesta | < 15 segundos |
| Rango de temperatura continua | -20° C a 45° C |
| Rango de humedad | 0 - 90% |
| Rango de presión | 13 - 16 psi |
| Oxígeno requerido | 1% por volumen mínimo |
| SENSOR PARA DIOXIDO DE AZUFRE | |
| Tipo | |
| Rango de medición | 0 - 20 ppm |
| Mínima concentración detectable | 0.1 ppm |
| Precisión | +/- 10% de la escala total |
| Tiempo de respuesta | < 10 segundos |
| Rango de temperatura de operación | -20° C a 45° C |
| Rango de humedad de operación | 0 - 90% |
| Rango de presión | 13 - 16 psi |
| Oxígeno requerido | 1% por volumen mínimo |

SISTEMA DE DETECCION DE GASES

| TRANSMISOR INFRA-ROJO | |
|-----------------------------------|---|
| Sistema de muestreo | Difusión |
| Material de la carcaza | Metal alloy |
| Requerimientos para montaje | Tubería conduit |
| Tiempo de respuesta | <5 segundos |
| Rango de temperatura de operación | -20° C a 50° C |
| Rango de humedad de operación | 0 - 99% HR |
| Rango de presión | 13 - 16 psi |
| Máximo consumo | 3.0 Wattios |
| Salidas análogas | 4 -20 mA 400 OHM max. De Impedancia |
| Máxima longitud de cable | 2.000 ft |
| Dimesiones aprox. en mm. | Alto: 230 Ancho: 155 profundidad: 125 |
| Peso aprox. kgs | 2.2 |
| TRANSMISOR EXPLOSION PROOF | |
| Sistema de muestreo | Difusión |
| Material de la carcaza | Conduleta de aluminio |
| Requerimientos para montaje | Tubería conduit |
| Tiempo de respuesta | <5 segundos |
| Rango de temperatura de operación | -20° C a 50° C |
| Rango de humedad de operación | 0 - 99% HR |
| Rango de presión | 13 - 16 psi |
| Máximo consumo | 3.0 Wattios |
| Salidas análogas | 4 -20 mA 400 OHM max. De Impedancia |
| Máxima longitud de cable | 2.000 ft |
| Diemnsiones aprox. mm. | Alto: 230 Ancho: 155 Profundidad: 125 |
| Peso aprox. Kgs. | 2.0 |
| CONTROLADOR | |
| Encerramiento | NEMA 4X |
| Requerimientos para montaje | Montaje sobre pared y tubo conduit. |
| Potencia de entrada | 100/130 VAC 60 Hz UPS 3 Servicios generales |
| Fusibles | AC 0.75 Amp. DC2.5 Amp. |
| Relay de salidas | 6 A/ 24 VDC, 6 A/ 120 VAC, 3 A/240 VAC |
| DC entrada | 12 a 16 VDC 1 Amp Max. |
| Consumo máximo | 60Wattios |
| Rango de temperatura de operación | 32° F a 104° F |
| Rango de humedad de operación | 0 a 95% HR |
| Dimensiones aprox. en mm. | Alto: 320 Ancho: 270 profundidad: 160 |

INTERRUPTOR DIFERENCIAL DE PRESION

| | |
|-------------------------------|---|
| Voltaje de entrada | 110 V |
| Rango de calibración | -5.0" a 5.0"1 W.C. ajustable |
| Resolución | 0.01" W.C. |
| Conexiones de aire | 1/4" OD tubo plástico flexible |
| Panel indicador de luces | un led rojo y un led verde |
| Display | LCD de 0.5" de ancho, 3 dígitos |
| Salida de alarma | Relay SPDT, con contactos de 5 amp. A 120 voltios |
| Salidas analogas | 3 |
| Potencia max. De consumo | 5 Wtatts |
| Encerramiento | NEMA 13 |
| Ambiente límite de operación | 32° a 120° F |
| Humedad relativa de operación | 10% 90% |
| Posición de instalación | Horizontal |
| Aprobación | UL 94 V-1 / V2 |

UNIDAD DE CLIMATIZACIÓN

| DATOS GENERALES | |
|---|---|
| Localización | Cuarto de control |
| Capacidad | 540.000 Btu/Hr |
| Temperatura exterior | 98 ° f |
| Temperatura de evaporación | 45 ° f |
| Temperatura del aire saliendo del serpentín | 55 ° f |
| Presurización del área acondicionada | 0.1 IN de agua |
| Temperatura interior de bulbo seco | 62 ° f |
| Temperatura interior de bulbo húmedo | 70 ° f |
| Humedad relativa interior | 50% +/-5 |
| Volumen total de aire | 18.945 cfm |
| Velocidad del aire saliendo del serpentín | 1.200 fpm |
| Tipo de descarga | Vertical hacia arriba |
| Peso en operación aprox. | 1.250 kgs. |
| Refrigerante | R - 22 |
| Dimensiones aprox.en mts. | Frente 2.30 Fondo 2.85 Alto 2.95 |
| Gabinete | lámina galvanizada doble pared calibre 16 |
| Aislamiento térmico interior | Poliuretano 1" |
| SERPENTÍN | |
| Tubería | Cobre con aletas de aluminio tipo A |
| Filas/Aletas por pulgada | 41791 |
| Área frontal | 35.0 ft2 Aprox |
| SECCIÓN VENTILADOR | |
| Tipo | Centrífugo (doble ancho doble entrada) |
| Presión estática externa en pulg. De agua | 0.5 |
| Transmisión | Poleas y correas |
| MOTOR | |
| Potencia | 18 HP |
| Velocidad | 1.750 r.p.m. |
| Voltios/Fases/Frecuencia | 460/3/60 |
| Conexión | "Y" Estrella |
| Aislamiento | Clase "F" tropicalizado |
| Devanado | Alambre de cobre |
| Ambiente de operación | Acido industrial y marino. |
| Tipo | TEFC |
| Marca | General Electric, Siemens,US Motors, Baldor |
| SECCIÓN DE CALEFACCIÓN | |
| Tipo | Tubo aleteado |
| Capacidad en BTU/H | 120000 |
| Capacidad en KW | 35 |
| Número de etapas | 3 |
| SECCIÓN HUMIDIFICADOR | |
| Ciclo | Automático |
| Capacidad en Lbs/HR | 25.0 |
| KW | 10.0 |
| SECCIÓN FILTROS | |
| Eficiencia | 0,65 |
| Tipo | Metálico lavable |
| Espesor | 4" |
| CENTRO DE CONTROL UNIDAD DE CLIMATIZACION | |
| Contactores con protección térmica | AEG Colombiana, ABB, Celco, Merlin Gerin, Siemens, Westinghouse, General Electric |
| Breakers | Siemens, G.E. o Westinghouse |
| Controles de humedad relativa | alta y baja |
| Relé temporizador | 1 - 5 minutos |

UNIDAD DE CONDENSACIÓN

| | |
|--------------------------------|--|
| Capacidad | 540.000 Btu/Hr |
| Peso aprox. | 2.000 Kgrs. |
| Gabinete | Angulos y perfiles de hierro |
| Dimensiones aprox. en Mts. | Ancho: 0.85 Largo: 2.00 Alto: 1.00 |
| COMPRESORES | |
| Tipo | Semiherméticos reciprocantes |
| Cantidad | 2 |
| Capacidad c/u | 270.000 Btu/Hr |
| Velocidad | 1.750 r.p.m. |
| Voltaje/fases/frecuencia | 460/3/60 |
| RLA | 45 amps |
| LRA | 1195 amps |
| Potencia | 40 HP |
| CONDENSADORES | |
| Tipo | Carcasa y tubos |
| Carcasa | tubería acero carbón SA-53 o rolados de lámina |
| Normas | TEMA B o R |
| Código | ASME |
| Tubos | Cobre aleteado |
| Haz de tubos | Fijo a los cabezales |
| Placas tubulares | Acero carbón SA-515 Gr 70 |
| Soportes y baffles | Acero tipo 304 o 316 |
| Cabezales | Acero SA-516 Gr. 70 |
| Conexiones | NPT hasta 3" y con brida ANSI 150 Lbs de 4" |
| Cantidad | 2 |
| Capacidad | 270.000 Btu/h. |
| Número de pasos | 3 |
| Longitud aprox. | 1.83 m |
| Diámetro | 12" |
| Presión diseño | 380 PSI lado casco |
| Presión de diseño | 200 PSI lado tubos |
| Temperatura de entrada de agua | 90 ° F |
| CENTRO DE CONTROL | |
| Controles de presión | alta y baja |

BOMBA DE AGUA DE CONDENSACION

| | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| Servicio | Recirculación |
| Líquido | Agua limpia |
| Peso específico | 1.0 |
| Capacidad requerida | 160 g.p.m. |
| Altura total | 35 pies |
| Máxima presión de descarga | 40 psi |
| Accionamiento | Eléctrico |
| Impulsor | Bronce SAE 40 |
| Carcaza | Steel alloy |
| EJE | |
| Manquito del eje | Bronce SAE 40 |
| Lubricación | Exterior |
| Tipo de sellamiento | Sello mecánico |
| Norma de fabricación | ANSI |
| MOTOR ELECTRICO | |
| Potencia | 5.9 HP |
| R.P.M. | 1750 |
| V/C/F | 460/60/3 |
| Conexión | "Y" Estrella |
| Aislamiento | Clase "F" tropicalizado |
| Devanado | Alambre de cobre |
| Ambiente de operación | Acido industrial y marino. |
| Tipo | TEFC |
| Marca: | General Electric, Siemens, US Motor, |

TORRE DE ENFRIAMIENTO

| | |
|---------------------------------|---|
| Capacidad | 59.0 T.R. |
| Temperatura entrada de agua | 95° F |
| Temperatura salida de agua | 90° F |
| Temperatura bulbo húmedo | 75° F |
| BHP | 1.50 |
| CFM nominales | 11400 |
| Nivel de ruido | 69 dB a 1.5 mts. |
| Peso en operación | 750 Kg. |
| Agua de reposición por pérdidas | 1.4 gpm Aprox. |
| DIMENSIONES | |
| Altura | 2.700 mm. |
| Ancho | 1.600 mm. |
| Largo | 1.600 mm. |
| CONEXIONES | |
| Suministro | 3" |
| Retorno | 4" |
| Drenaje | 2" |
| Rebose | 2" |
| Llenado | 1" |
| Rotor | Aluminio extruido |
| Tipo | Axial |
| Aletas | Graduables |
| Acople | Directo |
| MOTOR | |
| Potencia | 4.1 HP mínimo |
| Operación | vertical |
| Tipo | TEFC |
| Protección | IP-55 |
| V/C/F | 460/60/3 |
| Conexión | "Y" Estrella |
| Aislamiento | Clase "F" tropicalizado |
| Devanado | Alambre de cobre |
| Ambiente de operación | Acido industrial y marino. |
| Marca: | General Electric, US Motor, Siemens, Baldor |

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES CCM (FILTRO QUIMICO, TORRE DE ENFRIAMIENTO Y BOMBA AGUA CONDENSACION)

| DIMENSIONES | |
|--|-----------|
| Altura | 90" |
| Ancho | 20" |
| Profundidad (para montaje de frente solamente) | 16" |
| Ducto vertical para cables | |
| Altura | |
| Ancho | 90" |
| Profundidad | 4 5/8" |
| Sección | 8" |
| Ducto horizontal para cables | 35 pulg 2 |
| Altura | 9" |
| Profundidad | 8" |

UNIDAD AIRE ACONDICIONADO TIPO PAQUETE

| DATOS GENERALES | |
|------------------------------------|---|
| Localización | Cuarto de baterías CCB |
| Capacidad | 36.000 Btu/Hr |
| Capacidad T.R. | 3 |
| Temperatura exterior | 98 ° f |
| Temperatura de succión | 45 ° f |
| Temp. de bulbo seco | 74 ° F |
| Temp. de bulbo húmedo | 62 ° F |
| Humedad relativa | 55% +/- 5 |
| Peso en operación aprox. | 420 Lbs. |
| Refrigerante | R - 22 |
| Dimensiones aprox. | Ancho 45" Largo 58" Alto 26" |
| Diámetro tuberías de cobre | Succión 7/8" L. Líquido 3/8" |
| Gabinete | lámina galvanizada calibre 18 |
| MÓDULO DE CONDENSACIÓN | |
| COMPRESOR | |
| Tipo | Hermético recíprocante |
| Cantidad | 1 |
| Capacidad c/u | 36.000 Btu/Hr |
| Velocidad | 3.600 r.p.m. |
| Voltaje/fases/frecuencia | 460/3/60 |
| SERPENTIN | |
| Tubería | Cobre con aletas de aluminio |
| Filas/Aletas por pulgada | feb-16 |
| Área frontal | 8.5 ft2 Aprox |
| VENTILADORES AXIALES | |
| Cantidad | 1 |
| Flujo de aire | 3.200 cfm |
| Potencia del motor | 1/2 HP |
| Voltage / Fases / Frecuencia | 460 V. / 3 Ph. / 60 Hz. |
| Marca | Siemens, G.E. o Westinghouse |
| Velocidad | 1.100 r.p.m. |
| Diámetro del aspa | 22" |
| Tipo de descarga | Vertical |
| Tipo de sellamiento | TEFC |
| CENTRO DE CONTROL | |
| Contactores con protección térmica | Telemecanique, Siemens, G.E. o Westinghouse |
| Breakers | Siemens, G.E. o Westinghouse |
| Controles de presión | alta y baja, de alta reseteable |
| Relé temporizador | 1 - 5 minutos |
| MÓDULO DE ACONDICIONAMIENTO | |
| Configuración | Horizontal |
| Descarga | Horizontal |
| Válvula de expansión | 3 T.R. |
| Volumen de aire | 1574 CFM |
| AISLAMIENTO TÉRMICO INTERIOR | |
| Material | Aislante térmico poliuretano expand. |
| Espesor | 1" |
| Protección contra erosión | Si |
| SERPENTÍN | |
| Tubería | Cobre con aletas de aluminio |
| Filas/Aletas por pulgada | 2/14 |
| Área frontal Pies cuadrados | 5.2 Aprox. |
| VENTILADOR CENTRIFUGO | |
| Tipo | DADE (doble ancho doble entrada) |
| Diámetro | 10" |
| Largo | 8" |
| Cantidad | 1 |
| MOTOR | |
| Potencia | 3/4 HP mínimo |
| Velocidad | 1.750 r.p.m. |
| Voltios/Fases/Frecuencia | 460 V/ 3Ph. / 60 Hz. |
| Marca | Siemens, G.E., Westinghouse |
| Tipo de sellamiento | TEFC |
| FILTROS PARA POLVO | |
| Tipo | Metálico lavable |
| Cantidad aprox. | 4 |
| Dimensiones aprox | 14" X 20" X 2" |

DUCTOS DE SUMINISTRO Y RETORNO DE AIRE

| | |
|--|---|
| Norma de fabricación | SMACNA |
| Material | Lámina galvanizada |
| Soportes | Angulos y platinas de hierro pintados |
| Aislamiento térmico | Fibra de vidrio 1 ½" espesor (DUCT-WRAP) |
| COMPUERTAS REGULADORAS DE VOLUMEN | |
| Norma de fabricación | SMACNA |
| Material compuerta | Lámina galvanizada calibre 22 |
| Material eje | Varilla galvanizada de 1/4" |
| Sistema giro | tipo bisagra |
| DAMPER MOTORIZADO | |
| Norma de fabricación | UL 555C |
| Material del marco | Lámina galvanizada calibre 20 |
| Material de las aletas | lámina de aluminio calibre 24 |
| Eje | Acero carbón |
| Rodamientos | Escualizables pillow block |
| Lubricación | Boquillas de engrase externas |
| MOTOR | |
| Operación | vertical |
| Acople | Directo |
| Tipo | Modutrol |
| Protección | IP-54 |
| V/C/F | 110/60/1 |
| Aislamiento | Clase "F" tropicalizado |
| Devanado | Alambre de cobre |
| Ambiente de operación | Acido industrial y marino. |

EXTRACTOR AXIAL CUARTO BATERIAS

| | |
|-----------------------|----------------------------|
| Cantidad | 1 |
| Volúmen | 220 cfm |
| Tipo gabinete | Circular |
| Diámetro | 8" |
| Aspas | Aluminio |
| Velocidad | 1.800 rpm |
| MOTOR | |
| Potencia | 0.05 Kw |
| RPM | 1.800 |
| Operación | Horizontal |
| Acople | Directo |
| Tipo | TEFC |
| Protección | IP-54 |
| V/C/F | 110/60/1 |
| Aislamiento | Clase "F" tropicalizado |
| Devanado | Alambre de cobre |
| Ambiente de operación | Acido industrial y marino. |

EXTRACTOR AXIAL BAÑOS

| | |
|-----------------------|----------------------------|
| Cantidad | 2 |
| Volúmen | 150 cfm |
| Tipo gabinete | Circular |
| Diámetro | 8" |
| Aspas | Aluminio |
| Velocidad | 1.800 rpm |
| MOTOR | |
| Potencia | 0.05 Kw |
| RPM | 1.800 |
| Operación | Horizontal |
| Acople | Directo |
| Tipo | TEFC |
| Protección | IP-54 |
| V/C/F | 110/60/1 |
| Aislamiento | Clase "F" tropicalizado |
| Devanado | Alambre de cobre |
| Ambiente de operación | Acido industrial y marino. |

SISTEMA DE PURGA DE HUMO Y FE-13

| | |
|------------------------|-------------------------------|
| Cantidad | 2 |
| Volúmen | 1.800 cfm |
| Tipo gabinete | Circular |
| Diámetro | 12" |
| Aspas | Aluminio |
| Velocidad | 1.800 rpm |
| Motor | |
| RPM | 3.600 |
| Operación | Horizontal |
| Acople | Directo |
| Tipo | TEFC |
| Protección | IP-54 |
| V/C/F | 110/60/1 |
| Aislamiento | Clase "F" tropicalizado |
| Devanado | Alambre de cobre |
| Ambiente de operación | Acido industrial y marino. |
| Damper motorizado | 2 |
| Norma de fabricación | UL 555C |
| Material del marco | Lámina galvanizada calibre 20 |
| Material de las aletas | lámina de aluminio calibre 24 |
| Eje | Acero carbón |
| Rodamientos | Escualizables pillow block |
| Lubricación | Boquillas de engrase externas |
| Motor | |
| Operación | vertical |
| Acople | Directo |
| Tipo | Modutrol |
| Protección | IP-54 |
| V/C/F | 110/60/1 |
| Aislamiento | Clase "F" tropicalizado |
| Devanado | Alambre de cobre |
| Ambiente de operación | Acido industrial y marino. |
| DUCTOS | |
| Norma de fabricación | SMACNA |
| Material | Lámina galvanizada |
| Aislamiento térmico | No requiere |

CLASIFICACION ENCAPSULADO IP

| Contra cuerpos sólidos I.P. | Contra los líquidos I.P. |
|---|--|
| <p>0  Sin protección</p> | <p>0  Sin protección</p> |
| <p>1  Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 50 mm</p> | <p>1  Protegido contra caídas verticales de gotas de agua</p> |
| <p>2  Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 12,5 mm</p> | <p>2  Protegido contra caídas de agua hasta 15° de la vertical</p> |
| <p>3  Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm</p> | <p>3  Protegido contra agua de lluvia hasta 60° de la vertical</p> |
| <p>4  Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 1 mm</p> | <p>4  Protegido contra proyecciones de agua en todas las direcciones</p> |
| <p>5  Protegido contra el polvo</p> | <p>5  Protegido contra lanzamiento de agua en todas las direcciones</p> |
| <p>6  Totalmente protegido contra el polvo</p> | <p>6  Protegido contra lanzamiento de agua similar a golpes de mar</p> |
| | <p>7  Protegido contra la inmersión</p> |
| | <p>8  Protegido contra efectos prolongados de inmersión bajo presión</p> |

DETECTORES DE GAS FIJOS > LEL INFRARROJO

Detector de Gas sensor remoto GDS-48 con sensor SmartIR para Metano (CH₄) 0-100%LEL con cabeza sensora de acero inoxidable y a prueba de explosión (XP). Salida tipo puente (Wheatstone) 3 hilos.

| | |
|----------------------------|--|
| Operating Voltage | Catalytic Bead: 2.0 VDC +/- 5% SmartIR Infrared: 4.5 VDC +/- 5% PID Detector: 4.0 VDC +/- 5% |
| Output | Bridge-style three-wire. |
| Temp Range | Catalytic Bead: -30°C to +70°C SmartIR Infrared: -30°C to +50°C PID Detector: -10°C to +50°C |
| Housing | Sensor head 316 stainless steel; junction box powder-coated aluminum. |
| Dimensions | Width 5.4" (137 mm), Height 8" (203 mm), Depth 5" (127 mm) Shipping weight 6.5 pounds (3 kg) |
| Approvals: | Sensor Head CSA certified for Div. 1 & 2 Groups B, C, D; Junction Box CSA certified for Div 1 & 2 Groups C, D. |
| Warranty | 2 years on electronics and 1 year on sensors from date of purchase |
| Typical Sensor Life | 5 years |

DETECTORES DE GAS FIJOS > AMONIACO

Detector de Gas y Transmisor Honeywell Sieger Sensepoint para Amoniaco (NH3) 0-50 ppm con Sensor Tóxico Surecell M20. Salida de 4-20ma (2 hilos). Posee certificación ATEX/IECEX.

| Ammonia (NH3) 50/1000ppm | |
|--|--|
| Operating Temp | -20 to +40 °C |
| Operating Humidity | Continuous: 20 to 90% RH (non-condensing). Intermittent: 10 to 99% RH (non-condensing) |
| Storage Conditions | 0 to 25 °C; 30 to 70% RH |
| Operating Pressure | 90 to 110kPa |
| Warm-up Time | < 3 minutes |
| Response Time | T20 - T50 < 10 secs T90 < 65 secs |
| Supply | 18 to 30VDC; 0.9W maximum |
| Signal Output | Loop powered 4-20mA |
| Linearity | < 5% fsd |
| Operating Life | 18 months (typical) |
| Storage Life | 6 months. |
| Stability (zero) | with time* < ±2% fsd / yr with temperature** < ±6% fsd with humidity < ±10% fsd |
| Stability (span) | with time* < ±20% fsd / yr with temperature*** < ±20% fsd with humidity < ±10% fsd |
| Weight | 185g |
| Construc. Materials | Polyphenylene Sulphide (PPS) |
| I.P. (NEMA) Rating | IP65 (standard), IP67 (with weather protection fitted) |
| Certification Details (ATEX/ IECEx) | II 2 GD Ex d ia IIC T4 Gb Tamb -40°C to +65°C tb IIIC A21 IP67 T135°C Db Baseefa08ATEX0263X IECEX BAS08.0070X |
| Other Certifications | Russian: GOST |
| Applicable Standards | This product complies with the relevant CE standards including: EMC to EN50270, Flammable sensor to EN60079-29-1 |

DETECTORES DE GAS FIJOS > DIOXIDO DE AZUFRE

Detector de Gas y Transmisor Honeywell Sieger Sensepoint para Dióxido de Azufre (SO₂) 0-50 ppm con Sensor Tóxico Surecell M20. Salida de 4-20ma (2 hilos). Posee certificación ATEX/IECEX.

| Sulfur Dioxide (SO₂) 15/50ppm | |
|---|--|
| Operating Temp | -15 to +40 °C |
| Operating Humidity | Continuous: 20 to 90% RH (non-condensing), Intermittent: 10 to 99% RH (non-condensing) |
| Storage Conditions | 0 to 25 °C; 30 to 70% RH |
| Operating Pressure | 90 to 110kPa |
| Warm-up Time | < 3 minutes |
| Response Time | T20 - T50 < 10 secs T90 < 90 secs |
| Supply | 18 to 30VDC; 0.9W maximum |
| Signal Output | Loop powered 4-20mA |
| Linearity | < 5% fsd |
| Operating Life | 18 months (typical) |
| Storage Life | 6 months. |
| Stability (zero) | with time* < ±2% fsd / yr with temperature** < ±5% fsd with humidity < ±10% fsd |
| Stability (span) | with time* < ±2% fsd / yr with temperature*** < ±15% fsd with humidity < ±10% fsd |
| Weight | 185g |
| Construc. Materials | Polyphenylene Sulphide (PPS) |
| I.P. (NEMA) Rating | IP65 (standard), IP67 (with weather protection fitted) |
| Certification Details (ATEX/ IECEX) | II 2 GD Ex d ia IIC T4 Gb Tamb -40°C to +65°C tb IIIC A21 IP67 T135°C Db Baseefa08ATEX0263X IECEX BAS08.0070X |
| Other Certifications | Russian: GOST |
| Applicable Standards | This product complies with the relevant CE standards including: EMC to EN50270, Flammable sensor to EN60079-29-1 |

DETECTORES DE GAS FIJOS > MONOXIDO DE CARBONO

Detector de Gas y Transmisor Honeywell Zareba para Monóxido de Carbono (CO) 0-200ppm. Incluye caja de conexión pre-cableada (1 roscado M20, 1 desmonte NPT de 3/4", 1 desmonte NPT de 1/2", 3 enchufes de cierre, placa de continuidad a tierra) y sensor de gas tóxico. Salida de 2 hilos de 4-20mA. Aprobado por ATEX.

| General Specification | | | | | |
|-------------------------------|--|-----------|---|---|--------------|
| Use | Low cost, fixed point gas detector for the protection of personnel and plant from flammable, toxic and oxygen gas hazards | | | | |
| Detectable Gases | | | | | |
| Gas | Measuring Range | | | Operating Temperature* | |
| Ident. Name | 1# | 2 | 3 | Min | Max |
| F Flammable | 0-100% LEL | | | -40°C / -40°F | 50°C / 122°F |
| O Oxygen | 0-25% VOL | | | -15°C / 5°F | 40°C / 104°F |
| C Carbon Monoxide* | 0-200ppm | 0-500ppm | | -20°C / -4°F | 50°C / 122°F |
| H Hydrogen Sulfide* | 0-50ppm | 0-20ppm | 0-100ppm | -25°C / -13°F | 50°C / 122°F |
| G Hydrogen | 0-1000ppm | | | -5°C / 23°F | 40°C / 104°F |
| L Chlorine | 0-5ppm | 0-15ppm | | -20°C / -4°F | 50°C / 122°F |
| S Sulfur Dioxide | 0-15ppm | 0-50ppm | | -15°C / 5°F | 40°C / 104°F |
| N Nitrogen Dioxide | 0-10ppm | | | -15°C / 5°F | 40°C / 104°F |
| A Ammonia | 0-50ppm | 0-1000ppm | | -20°C / -4°F | 40°C / 104°F |
| + SureCut™ Sensing Technology | *Standard range | | | *Check certified temperature | |
| Construction | | | | | |
| Electrical | Flammable (0-100%LEL) 3 wire mV bridge 2.9-3.5V, 0.7W 200mA constant current | | Toxic & Oxygen 2 wire loop powered 4-20mA (plus screen) 16-30Vdc, 0.9W | Junction Box Earth continuity plate BK4 terminal block (4 way) 4 x 0.5mm ² (20AWG) to 2.5mm ² (14AWG) 1 x M20, 1 x 3/4" NPT, 1x1/2" NPT | |
| Material | Polyphenylene Sulfide (PPS) | | Polyphenylene Sulfide (PPS) | Fire retardant GFP | |
| Weight | 190g | | 185g (205g oxygen) | 600g | |
| Certification | Ex II 2 G D EExd IIC T6 T85 Deg C T _{amb} = -55°C to +55°C BAS98ATEX2156X SIRAD3ATEX1116X (Performance) | | Ex II 2 G D EExd Ia IIC T4 T135 Deg C T _{amb} = -55°C to +65°C BAS98ATEX2157X | Ex II 2 G D EExe II T6 T85 Deg C T _{amb} = -40°C to +50°C SIRAD4ATEX3018 | |
| Applicable Standards | This product complies with the relevant CE standards including: EMC to EN50270, Flammable to EN50054, Toxic to EN445544 (H ₂ S only) | | | | |
| Environmental | | | | | |
| IP Rating | IP65 standard, IP66 with weather protection in accordance with EN60529:1992 | | | | |
| Operating Temperature | Dependent upon gas type and certification | | | | |
| Operating Humidity Range | Continuous: 20-90%RH (non condensing), Intermittent: 10-99%RH (non condensing) | | | | |
| Operating Pressure | 90-110kPa | | | | |
| Storage Conditions | Instrument: -40°C to +50°C (-40°F to +122°F) | | | | |

CUADRO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS

| CRITERIOS | ALTERNATIVA No1 | ALTERNATIVA No 2 | ALTERNATIVA No 3 |
|------------------|--|---|--|
| COSTOS | \$ 30.600.000 | \$ 136.501.046 | \$ 0 |
| TIEMPO | | | |
| RIESGO | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Poca disponibilidad de Repuestos por tecnología obsoleta. ✓ Atrasos por impacto con otros proyectos que se están ejecutando en la misma área. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Que no exista compatibilidad tecnológica con la tecnología existente. ✓ Atrasos por impacto con otros proyectos que se están ejecutando en la misma área. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Deterioro de materiales y Equipos debido a la presencia de polvo, humedad y gases en el ambiente. ✓ Mayor probabilidad de incidente en las personas que laboran en el edificio por presencia de gases tóxicos. ✓ Afectación de la imagen de la empresa. ✓ Demandas civiles y penales por omisión ante la materialización de incidentes. |
| PREMISAS | <ul style="list-style-type: none"> ✓ El edificio de Control Central (CCB) actual con la entrada de la nueva Refinería quedara como una sala de control satélite enlazada con el nuevo Cuarto de Control Central de la Refinería | <ul style="list-style-type: none"> ✓ El edificio de Control Central CCB actual con la entrada de la nueva Refinería quedara como una sala de control satélite enlazada con el nuevo Cuarto de Control Central de la Refinería. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ El edificio de Control Central CCB actual con la entrada de la nueva Refinería quedara como una sala de control satélite enlazada con el nuevo Cuarto de Control Central de la Refinería. |

| | | | |
|----------------------|--|--|--|
| RESTRICCIONES | <ul style="list-style-type: none"> ✓ El sistema debe quedar habilitado antes de la visita de la aseguradora para la emisión de la nueva Póliza la cual se realizara en 30 de Enero de 2013. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ El sistema debe quedar habilitado antes de la visita de la aseguradora para la emisión de la nueva Póliza la cual se realizara en 30 de Enero de 2013. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ N/A. |
| VENTAJAS | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Menor inversión al inicio del proyecto. ✓ Menor costo de la póliza de seguros. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mejora del sistema actual con tecnología Actualizada. ✓ Disponibilidad de Repuestos ✓ Menor costo de la póliza de seguros. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Sin inversión |
| DESVENTAJAS | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Debido a que la mayoría de los equipos y materiales instalados en el proyecto inicial ya cumplieron su ciclo de vida es difícil disponer de repuestos en el mercado. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mayor inversión al inicio del proyecto. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mayor costo de la póliza de seguro. ✓ Se asume el riesgo de reclamaciones e indemnizaciones ante la ocurrencia de incidentes. |

PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA SELECCIONADA

| CANTIDADES DE OBRA Y MATERIALES | | | | | |
|---|--|--------------|--------------|--------------------|-----------------------|
| EDIFICIO CUARTO DE CONTROL CENTRAL | | | | | |
| ITEM | DESCRIPCIÓN | UNID. | CANT. | VALOR UNIT. | VALOR TOTAL |
| 1 | Sistema de detección de gases corrosivos, combustibles o tóxicos: | | | | |
| 1.1 | Sensor y Transmisor infra-rojo de gases combustibles | un | 1 | \$ 4.145.400 | \$ 4.145.400 |
| 1.2 | Sensor y Transmisor electroquímico para amoniaco | un | 1 | \$ 3.092.400 | \$ 3.092.400 |
| 1.3 | Sensor y Transmisor electroquímico para dióxido de azufre | un | 1 | \$ 2.770.200 | \$ 2.770.200 |
| 1.4 | Sensor y Transmisor electroquímico para anhídrido sulfuroso | un | 1 | \$ 2.770.200 | \$ 2.770.200 |
| 1.5 | Controlador de cuatro canales | un | 1 | \$ 5.220.000 | \$ 5.220.000 |
| 1.6 | Kit de calibración para gases combustibles | un | 1 | \$ 520.200 | \$ 520.200 |
| 1.7 | Kit de calibración para Amoniaco | un | 1 | \$ 774.000 | \$ 774.000 |
| 1.8 | Kit de calibración para dióxido de azufre | un | 1 | \$ 531.000 | \$ 531.000 |
| 1.9 | Kit de calibración para anhídrido sulfuroso | un | 1 | \$ 531.000 | \$ 531.000 |
| 2 | Suiche de flujo de aire en ductos de suministro y retorno | Un | 4 | \$ 347.400 | \$ 1.389.600 |
| 3 | Controlador lógico programable PLC | Un | 1 | \$ 7.000.000 | \$ 7.000.000 |
| 4 | Controlador de la Unidad | Un | 3 | \$ 4.000.000 | \$ 12.000.000 |
| 5 | Supervisorio | Un | 1 | \$ 30.000.000 | \$ 30.000.000 |
| 6 | Mantenimiento Sistema interfase de alarmas y señales ind. de operación | Un | 1 | \$ 2.000.000 | \$ 2.000.000 |
| 7 | Montaje de equipos | Gb | 3 | \$ 3.000.000 | \$ 9.000.000 |
| 8 | Calibración, Pruebas y Puesta en Marcha | Gb | 3 | \$ 5.000.000 | \$ 15.000.000 |
| 9 | Filtro químico especial aire ext. 1.600 cfm DBS 404 | u | 3 | \$ 1.080.000 | \$ 3.240.000 |
| 10 | Suiche diferencial de presión | u | 1 | \$ 178.200 | \$ 178.200 |
| | VALOR TOTAL SIN AIU | | | | \$ 100.162.200 |
| | A | | 25% | | \$ 25.040.550 |
| | I | | 2% | | \$ 2.003.244 |
| | U | | 8% | | \$ 8.012.976 |
| | VALOR TOTAL CON AIU | | | | \$ 135.218.970 |
| | IVA SOBRE UTILIDAD | | 16% | | \$ 1.282.076 |
| | VALOR TOTAL CON IVA | | | | \$ 136.501.046 |

FORMATO EVALUACIÓN FINANCIERA DE PROYECTOS REQUERIDOS PARA OPERAR

| TMR (Ecopetrol) | 11,1% | EA. KUSD | | | | |
|--|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| FASE DEL PROYECTO | 1 | | | | | |
| RIESGO BASE | Beneficios Económicos en KUSD | | | | | |
| Pérdidas y Costos sin Proyecto | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Perdidas por disponibilidad y confiabilidad | \$ 33.333 | \$ 33.333 | \$ 33.333 | \$ 33.333 | \$ 33.333 | \$ 33.333 |
| Perdidas por infraestructura | | | | | | |
| Perdidas por energía | | | | | | |
| Otras pérdidas | \$ 0 | \$ 0 | \$ 0 | \$ 0 | \$ 0 | \$ 0 |
| Perdidas Brutas (por equipo y falla) | \$ 33.333 | \$ 33.333 | \$ 33.333 | \$ 33.333 | \$ 33.333 | \$ 33.333 |
| Maxima probabilidad de ocurrencia | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% |
| Perdidas brutas *probabilidad de ocurrencia | \$ 333 | \$ 333 | \$ 333 | \$ 333 | \$ 333 | \$ 333 |
| Costos de mantenimiento | \$ 17 | \$ 17 | \$ 17 | \$ 17 | \$ 17 | \$ 17 |
| Costos de operación | | | | | | |
| Costos de disposición | | | | | | |
| Costos de parada | | | | | | |
| Costos ambientales | | | | | | |
| Otros Costos | | | | | | |
| Flujo de caja | \$ 350 | \$ 350 | \$ 350 | \$ 350 | \$ 350 | \$ 350 |
| Flujo de caja con declinación | \$ 350 | \$ 350 | \$ 350 | \$ 350 | \$ 350 | \$ 350 |
| Declinación Anual de producción (porcentaje) | 0% | | | | | |
| VPN Total Riesgo base sin Declinación | \$ 1.642 | | | | | |
| VPN Total riesgo base con Declinación | \$ 1.642 | | | | | |
| VPN Riesgo base | \$ 1.642 | | | | | |

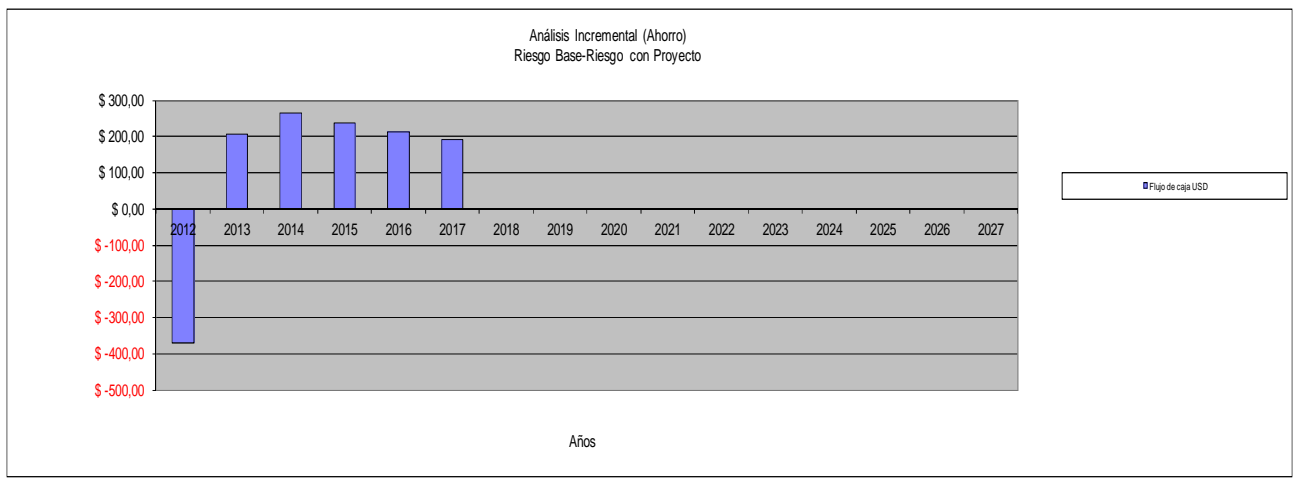
| RIESGO CON PROYECTO | Inversiones en KUSD | | | | | |
|--|---------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Inversion, Pérdidas y Costos con Proyecto | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Diseño (Consultoría) | | | | | | |
| Compras (Global para la actividad) | | | | | | |
| Montaje (Global para la actividad) | | \$ 56 | | | | |
| Intinventoría | \$ 4,05 | \$ 20,23 | | | | |
| AIU | | \$ 19 | | | | |
| Bruto (Global para la actividad) | \$ 4 | \$ 95 | \$ 0 | \$ 0 | | |
| Costo inicial de compra (Inversión inicial) | \$ 90 | | | | | |
| Costos de mantenimiento | \$ 17 | \$ 17 | \$ 17 | \$ 17 | \$ 17 | \$ 17 |
| Costos de operación | | | | | | |
| Costos de disposición | | | | | | |
| Costos de parada | | | | | | |
| Costos ambientales | | | | | | |
| Otros Costos | | | | | | |
| Perdidas por disponibilidad y confiabilidad | \$ 350 | \$ 4 | \$ 4 | \$ 4 | \$ 4 | \$ 4 |
| Perdidas por infraestructura | | | | | | |
| Perdidas por energía | | | | | | |
| Otras pérdidas | | | | | | |
| Pérdidas Brutas (por equipo y falla) | \$ 350 | \$ 4 | \$ 4 | \$ 4 | \$ 4 | \$ 4 |
| FLUJO DE CAJA | \$ 722 | \$ 119 | \$ 24 | \$ 24 | \$ 24 | \$ 24 |
| VPN del Riesgo con proyecto | \$ 896 | | | | | |

| | |
|---------------------------------|-------|
| Riesgo Base | 1.642 |
| Riesgo Alternativa (USD) | 896 |
| VPN Inversión Alternativa (USD) | 90 |
| VPN Costos de O&M (USD) | 443 |

| | | |
|---|--------------|------|
| Relación Beneficio/Costo | 8,30 | |
| Análisis de Sensibilidad + | 5,53 | 50% |
| Análisis de Sensibilidad - | 12,77 | -35% |
| Análisis de Sensibilidad Crítico | 730% | |

| | | | | | | |
|----------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Riesgo base | \$ 350,33 | \$ 315,33 | \$ 283,83 | \$ 255,47 | \$ 229,95 | \$ 206,97 |
| Riesgo con proyecto | \$ 721,71 | \$ 107,44 | \$ 19,45 | \$ 17,51 | \$ 15,76 | \$ 14,18 |
| Análisis incremental | \$ -371,38 | \$ 207,90 | \$ 264,38 | \$ 237,96 | \$ 214,19 | \$ 192,79 |

| | |
|--|--------|
| TIR | 54% |
| Valor presente neto del análisis incremental | 745,83 |



PERDIDAS POR DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD POR FALLA DE HVAC DEL CCB

| | |
|--|------------------|
| Demanda afectación/ Persona (KUSD) | 1.666,67 |
| No de personas | 20 |
| Total demanda por la afectación a las persona en el CCB | 33.333,33 |

| | |
|---|-------------------------|
| Sueldo Promedio Mensual de los trabajadores en el CCB | \$ 8.000.000 |
| Ingresos anuales Promedio | \$ 100.000.000 |
| Tiempo estimado de Vida en Años | 30 |
| Nº Personas Laborando en el Edificio | 20 |
| Total devengado/Persona proyectado a 30 Años | \$ 3.000.000.000 |

PROMEDIO 2011 - 2012

| | |
|--|-----------------|
| Demanda Fatalidad por inhalación de gases Toxicos/Persona | KUS\$/DC |
| REFINERIA | 1.666,67 |

COSTOS DE INTERVENTORIA

Fuente:

Recursos Interventoria

Gestoria Técnica

| Recurso | Categoría | Unidad | Cantidad | Tiempo (meses) | Dedicación (%) | Vr. Unitario (Tarifa 2012) | FM | Vr. Parcial |
|--------------------------|--------------------|--------|----------|----------------|----------------|----------------------------|-----|-----------------------------|
| Especialista Electronico | Profesional Junior | mes | 1 | 12 | 50% | \$ 3.000.000,00 | 2,1 | \$ 37.800.000,00 |
| Computador | | mes | 1 | 12 | 20% | \$ 220.000,00 | 1,1 | \$ 580.800,00 |
| Avantel | | mes | 1 | 12 | 20% | \$ 287.970,00 | 1,1 | \$ 760.241,00 |
| | | | | | | | | \$ 39.141.041,00 |
| | | | | | | | | IVA \$ 45.403.608,00 |
| | | | | | | | | DOLARES \$ 24.280,00 |

| COSTO DE INTERVENTORIA AÑO KUSD | | |
|---------------------------------|-------|-------|
| AÑO | MESES | VALOR |
| 2012 | 2 | \$ 4 |
| 2013 | 10 | \$ 20 |

| DESCRIPCION | | | | | ITEM | UNIDAD | CANTIDAD | DURACION |
|---|--------------|-----------|---------------|-----------------|--------------------|-------------------|-----------|-------------|
| Mantenimiento sistema interfases de alarmas y señales indicadoras de operación | | | | | 8 | un | 1,00 | 2,00 |
| EQUIPOS | | | CANT | REND/DIA | TARIFA/DIA | VR.PARCIAL | | |
| HERRAMIENTAS MENORES | | | 1 | 0,500 | 20.000 | 40.000 | | |
| | | | | | | 40.000 | | |
| MATERIALES | | | UNIDAD | CANTIDAD | VL.R. UNIT. | VR.PARCIAL | | |
| FUNGIBLES Y CONSUMIBLES | | | GLB | 0,020 | 20.000 | 400 | | |
| REPUESTOS | | | GLB | 3,000 | 300.000 | 900.000 | | |
| | | | | | | 900.400 | | 0 0 0 |
| MANO DE OBRA | GRUPO | HH | CANT. | REND/DIA | SALARIO | VR.PARCIAL | | |
| INGENIERO ELECTRON | CTA | 8,00 | 0,5 | 0,50 | 336.000 | 336.000 | | |
| TECNICO ELECTRONIC | CTA | 16,00 | 1 | 0,50 | 223.073 | 446.146 | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | 782.146 | | 0,00 |
| TRANSPORTE | | | | PORCEN. | | VR.PARCIAL | | |
| | | | | 0,00% | | 0 | | |
| TRANSPORTE | | | | 0,00% | | 0 | | 0 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | | | 1.722.546 | |
| ADMN. | | | | | | | 20,00% | 344.509 |
| IMPREVISTOS | | | | | | | 2,00% | 34.451 |
| UTILIDADES | | | | | | | 8,00% | 137.804 |
| COSTO INDIRECTO | | | | | | | | 516.764 |
| COSTO TOTAL | | | | | | | | 2.239.310 |

| DESCRIPCION | | | | ITEM | UNIDAD | CANTIDAD | DURACION | | |
|-----------------------------------|--|--|--|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Montaje de Equipos | | | | 9 | un | 3,00 | 6,00 | | |
| EQUIPOS | | | | CANT | REND/DIA | TARIFA/DIA | VR.PARCIAL | | |
| HERRAMIENTAS MENORES | | | | 1 | 0,500 | 20.000 | 40.000 | | |
| Plataforma para trabajo en altura | | | | 1 | 0,500 | 250.000 | 500.000 | | |
| | | | | | | 540.000 | | | |
| MATERIALES | | | | UNIDAD | CANTIDAD | VLR. UNIT. | VR.PARCIAL | | |
| FUNGIBLES Y CONSUMIBLES | | | | GLB | 0,020 | 20.000 | 400 | | |
| | | | | | | 400 | 0 | | |
| | | | | | | | 0 | | |
| MANO DE OBRA | | | | GRUPO | HH | CANT. | REND/DIA | SALARIO | VR.PARCIAL |
| INGENIERO ELECTRON | | | | CTA | 8,00 | 0,5 | 0,50 | 336.000 | 336.000 |
| TECNICO ELECTRONIC | | | | CTA | 16,00 | 1 | 0,50 | 223.073 | 446.146 |
| AYUDANTE TÉCNICO | | | | | 16,00 | 1 | 0,50 | 105.500 | 211.000 |
| | | | | | | | | 993.146 | 0,00 |
| TRANSPORTE | | | | | | PORCEN. | | VR.PARCIAL | |
| | | | | | | 0,00% | | 0 | |
| TRANSPORTE | | | | | | 0,00% | | 0 | 0 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | | | 1.533.546 | | |
| ADMON. | | | | | | 20,00% | 306.709 | | |
| IMPREVISTOS | | | | | | 2,00% | 30.671 | | |
| UTILIDADES | | | | | | 8,00% | 122.684 | | |
| COSTO INDIRECTO | | | | | | | 460.064 | | |
| COSTO TOTAL | | | | | | | 1.993.610 | | |

| DESCRIPCION | | | | | | ITEM | UNIDAD | CANTIDAD | DURACION |
|---|--|--|---------------|-----------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------|
| Calibración, Pruebas y Puesta en Marcha | | | | | | 10 | un | 3,00 | 5,00 |
| EQUIPOS | | | CANT | REND/DIA | TARIFA/DIA | VR.PARCIAL | | | |
| HERRAMIENTAS MENORES | | | 1 | 0,600 | 20.000 | 33.333 | | | |
| EQUIPOS PARA CALIBRACION Y PUESTA | | | 1 | 0,600 | 1.500.000 | 2.500.000 | | | |
| | | | | | | 2.533.333 | | | |
| MATERIALES | | | UNIDAD | CANTIDAD | VL.R. UNIT. | VR.PARCIAL | | | |
| FUNGIBLES Y CONSUMIBLES | | | GLB | 0,020 | 20.000 | 400 | | | |
| | | | | | | 400 | | | 0 |
| MANO DE OBRA | | | GRUPO | HH | CANT. | REND/DIA | SALARIO | VR.PARCIAL | |
| INGENIERO ELECTRON | | | CTA | 13,33 | 1 | 0,60 | 336.000 | 560.000 | |
| TECNICO ELECTRONIC | | | CTA | 13,33 | 1 | 0,60 | 223.073 | 371.788 | |
| | | | | | | | | 931.788 | |
| TRANSPORTE | | | | | PORCEN. | | VR.PARCIAL | | |
| | | | | | 0,00% | | 0 | | |
| TRANSPORTE | | | | | 0,00% | | 0 | | 0 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | | | | 3.465.522 | |
| ADMN. | | | | | | | | 20,00% | 693.104 |
| IMPREVISTOS | | | | | | | | 2,00% | 69.310 |
| UTILIDADES | | | | | | | | 8,00% | 277.242 |
| COSTO INDIRECTO | | | | | | | | 1.039.657 | |
| COSTO TOTAL | | | | | | | | 4.505.178 | |

| CUADRO DE INFORMACION BASICA | |
|------------------------------|----------------|
| ADMINISTRACION | 0,2 |
| IMPREVISTOS | 0,02 |
| UTILIDADES | 0,08 |
| TOTAL A.I.U. | 0,3 |
| POLIZAS Y SEGUROS | |
| TRANSPORTE | |
| I.V.A | 0 |
| PROPONENTE | |
| PROYECTO | |
| | |
| CLIENTE | ECOPETROL S.A. |
| | |
| OBRA | |
| PROYECTO | |
| HORAS DIARIAS | 8 |
| | |
| DOLLAR | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| IMPUESTOS | 0,15 |
| LEGALIZACIÓN | 0,02 |

Gestoria Técnica

| Recurso | Categoría | Unidad | Cantidad | Tiempo (meses) | Dedicación (%) | Vr. Unitario (Tarifa 2013) | FM | Vr. Parcial |
|--------------------------|--------------------|--------|----------|----------------|----------------|----------------------------|-----|---------------|
| Especialista Electronico | Profesional Junior | mes | 1 | 12 | 50% | \$ 4.800.000 | 2,1 | \$ 60.480.000 |
| Computador | | mes | 1 | 12 | 20% | \$ 220.000 | 1,1 | \$ 580.800 |
| Avantel | | mes | 1 | 12 | 20% | \$ 287.970 | 1,1 | \$ 760.241 |

\$ 61.821.041,00

\$ 71.712.408,00

\$ 38.348,88

| COSTO DE INTERVENTORIA AÑO KUSD | | |
|---------------------------------|-------|-------|
| AÑO | MESES | VALOR |
| 2012 | 2 | \$ 6 |
| 2013 | 10 | \$ 32 |