



Determinacion de un sisema remoto de monitoreo y control de combustible para los tanques de almacenamiento de la Fuerza Aérea colombiana

**Maria Idaly Herrera Alegria**  
**Ricardo Javier Paredes Muñoz**  
**Sigfredo Ignacio Torres Muñoz**

Trabajo de grado para optar al título profesional:  
**Curso de Información Militar (CIM)**

**Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"**  
Bogotá D.C., Colombia

665.5  
H377

**FUERZAS MILITARES DE COLOMBIA  
ESCUELA SUPERIOR DE GUERRA**



**TRABAJO DE GRADO**

**DETERMINACIÓN DE UN SISTEMA REMOTO DE MONITOREO Y CONTROL DE  
COMBUSTIBLE PARA LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LA FUERZA  
AÉREA COLOMBIANA**

**Mayor MARIA IDALY HERRERA ALEGRIA  
Mayor RICARDO JAVIER PAREDES MUÑOZ  
Mayor SIGFREDO IGNACIO TORRES MUÑOZ  
Curso CIM-2012**

**Bogotá DC.  
29 de agosto de 2012**

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos al personal docente y administrativo de la Escuela Superior de Guerra, al personal orgánico de la Dirección de Combustibles de Aviación y a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron en el desarrollo de este proyecto e intervendrán en la implementación del mismo para contribuir al mejoramiento de los procesos logísticos a cargo de la Dirección y al cumplimiento de la misión de la Fuerza Aérea Colombiana.

## RESPONSABILIDAD AUTORES

El contenido de este documento corresponde exclusivamente al pensamiento de los autores y es de su absoluta responsabilidad. Las posturas y aseveraciones aquí presentadas son resultado de un ejercicio académico que no representa la posición oficial, ni institucional de la Escuela Superior de Guerra, de las Fuerzas Militares o del Estado Colombiano.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	15
1. JUSTIFICACIÓN.....	16
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
2.2 OBJETIVO GENERAL.....	18
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3. CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DEL COMBUSTIBLE DE AVIACIÓN EN LA FAC.....	20
3.1 EL COMBUSTIBLE DE AVIACIÓN: FACTOR ESTRATÉGICO PARA LA FAC.....	20
3.1.1 Generalidades.....	20
3.1.2 Indicadores de gestión logística aeronáutica.....	23
3.1.3 Controles implementados.....	26
3.2 SISTEMA REMOTO DE MONITOREO Y CONTROL.....	27
3.2.1 Monitoreo y control remoto de sistemas.....	29
3.2.2 Introducción a los sistemas de control.....	30
3.2.3 Tipos de sistemas de control.....	32
3.3 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA PROBLEMA.....	33
3.4 COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONTROL REQUERIDO.....	34
4. CAPÍTULO II. OFERTA NACIONAL DE TECNOLOGÍAS PARA EL CONTROL DE SISTEMAS APLICABLES A LA NECESIDAD DE LA FAC Y ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN... ..	40
4.1 TECNOLOGÍAS UTILIZADAS EN EL PAÍS.....	40
4.2 ESTUDIO DE MERCADOS.....	41
4.3 COMPARACIÓN DE OFERTAS.....	43
4.3.1 Criterios de evaluación técnica.....	44
4.3.2 Ponderación de criterios de evaluación.....	45
4.4 EVALUACIÓN TÉCNICA DE LAS OFERTAS HABILITADAS.....	46
4.5 ANALISIS COSTO/BENEFICIO DE LA SOLUCIÓN SELECCIONADA.....	47
5. CAPÍTULO III. PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN EN LA FAC DE LA TECNOLOGÍA SELECCIONADA – PLAN DE ACCIÓN.....	49
5.1 ALINEACIÓN DEL PROYECTO CON EL PLAN ESTRATÉGICO INSTITUCIONAL.....	49
5.2 PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN.....	51
5.3 PROYECCIÓN DE COSTOS Y PLAN DE EROGACIONES PRESUPUESTALES.....	53
6. CAPÍTULO IV. MATERIAL Y MÉTODOS.....	57

6.1 FUENTES DE INFORMACIÓN Y MÉTODOS DE RECOLECCIÓN.....	57
6.2 ENFOQUE INVESTIGATIVO.....	57
7. CONCLUSIONES.....	59
7.1 RECOMENDACIONES.....	60
BIBLIOGRAFÍA.....	61
ÍNDICE ANALÍTICO.....	63
ANEXOS.....	65

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Capacidad de almacenamiento de combustible de aviación en la FAC.....	22
Tabla 2. Metas para el Índice de Soporte Logístico Aeronáutico "ISLA" JOL....	24
Tabla 3. Indicador Combustible de Aviación.....	25
Tabla 4. Características adicionales del SRMCCA.....	28
Tabla 5. Empresas participantes en el estudio de mercados y tecnología empleada en el sistema de control ofrecido.....	43
Tabla 6. Verificación presupuestal de las ofertas presentadas.....	43
Tabla 7. Ponderación criterios de evaluación técnica.....	45
Tabla 8. Evaluación técnica de las ofertas habilitadas.....	46
Tabla 9. Análisis costo/beneficio solución seleccionada.....	47
Tabla 10. Ficha Técnica de Iniciativas Estratégicas.....	50
Tabla 11. Cronograma de Modernización de Complejos.....	51
Tabla 12. Consumo promedio mensual complejos de combustible.....	52
Tabla 13. Programación instalación SRMCCA en las Unidades Aéreas.....	52
Tabla 14. Proyección de costos para la implementación de la solución seleccionada.....	54
Tabla 15. Plan Anualizado de Caja PAC para la implementación de la solución en las bases de la FAC.....	55

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación en el territorio nacional de los complejos de combustible de la Fuerza Aérea Colombiana.....	22
Figura 2. Mapa de Procesos Fuerza Aérea Colombiana.....	23
Figura 3. Cinta métrica para medición de combustible de aviación.....	26
Figura 4. Esquema del sistema de control de velocidad de Watt.....	31
Figura 5. Sistema de control de temperatura de un horno.....	32
Figura 6. Esquema del sistema de control que ilustra el problema de investigación.....	34
Figura 7. Sensores tipo radar para medición de nivel en diferentes aplicaciones. Flujo en canales abiertos y nivel en tanques cerrados.....	35
Figura 8. Sensor radar guiado para medición de fluidos disímiles.....	36
Figura 9. Sensor de Presión Diferencial para medición de flujos y niveles.....	36
Figura 10. Sensor radiométrico para niveles y caudales.....	37
Figura 11. Transmisión de datos vía cable.....	38
Figura 12. Transmisión de datos vía inalámbrica.....	38
Figura 13. Control y visualización de la información.....	39

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Artículo de investigación.....	65
Anexo B. Oferta técnica y económica empresa SYZ COLOMBIA S.A.S.....	81
Anexo C. Oferta técnica y económica empresa CERTERIAN.....	88
Anexo D. Oferta técnica y económica empresa INSURCOL LTDA.....	96
Anexo E. Oferta técnica y económica empresa COLOMBIAN PETROLEUM RESOURCES CPR.....	102

## RESUMEN

El propósito de este proyecto es recomendar la implementación de un sistema de monitoreo y control automatizado para los complejos de combustible de aviación de la Fuerza Aérea Colombiana que permita en tiempo real conocer las existencias de combustible, mejorando de esta manera la confiabilidad en el proceso logístico, la planeación de operaciones aéreas y la ejecución y control presupuestal.

Se establecieron en primer lugar las características técnicas y logísticas del actual sistema de control de inventarios y sus deficiencias para proponer una solución tecnológica que permita mejorar la exactitud de la medición y minimizar los riesgos de pérdidas voluntarias e involuntarias del combustible de aviación. Finalmente, se propuso un programa de implementación del sistema seleccionado acompañado del plan presupuestal y financiero.

Palabras Clave: Combustible de aviación, control automático, control de inventarios, operaciones logísticas, operaciones aéreas, sensor radar, transmisión inalámbrica.

# ESCUELA SUPERIOR DE GUERRA



ESDEGUE-SIIA-CEESEDEN

## RESUMEN ANALÍTICO EJECUTIVO - RAE

### 1. IDENTIFICACION

#### 1.1 Título

Determinación de un sistema remoto de monitoreo y control de combustible para los tanques de almacenamiento de la Fuerza Aérea Colombiana.

#### 1.2 Autor(es)

MY. María Idalí Herrera Alegría  
MY. Ricardo Javier Paredes Muñoz  
MY. Sigfredo Ignacio Torres Muñoz

#### 1.3 Nombre del Tutor(a)

Erika Hernández Valbuena

#### 1.4 Programa

Curso de Información Militar CIM 2012

#### 1.5 Área de énfasis

Seguridad y Defensa Nacionales - Logística

#### 1.6 Institución a la cual se presenta el trabajo

Escuela Superior de Guerra-ESDEGUE

#### 1.7 Lugar y fecha de edición

Bogotá, agosto de 2012

#### 1.8 Número de páginas

46

## 2. ANÁLISIS

### 2.1 Palabras claves o descriptores

Combustible de aviación, control automático, control de inventarios, operaciones logísticas, operaciones aéreas, sensor radar, transmisión inalámbrica.

### 2.2 Resumen o descripción breve del trabajo

El propósito de este proyecto es recomendar la implementación de un sistema de monitoreo y control automatizado para los complejos de combustible de aviación de la Fuerza Aérea Colombiana que permita en tiempo real conocer las existencias de combustible, mejorando de esta manera la confiabilidad en el proceso logístico, la planeación de operaciones aéreas y la ejecución y control presupuestal.

Se establecieron en primer lugar las características técnicas y logísticas del actual sistema de control de inventarios y sus deficiencias para proponer una solución tecnológica que permita mejorar la exactitud de la medición y minimizar los riesgos de pérdidas voluntarias e involuntarias del combustible de aviación. Finalmente, se propuso un programa de implementación del sistema seleccionado acompañado del plan presupuestal y financiero.

### 2.3 Contenido

En el primer capítulo de este trabajo se presenta una introducción y diagnóstico sobre la importancia estratégica que para la Fuerza Aérea Colombiana representa el combustible de aviación y los métodos empleados actualmente para su control, así como una breve introducción a los sistemas de control automático, la caracterización del problema de estudio y algunas tecnologías desarrolladas para tal fin.

El segundo capítulo desarrolla el estudio de mercados de acuerdo a la oferta de representantes en el país de diferentes tecnologías de control para el sector industrial con base en criterios de viabilidad técnica, economía y requerimientos para la implementación, entre otros. Igualmente se realiza el análisis financiero de la solución

propuesta y se establece la relación de costo – beneficio de la implementación.

El tercer capítulo presenta el programa de implementación de la solución seleccionada en las diferentes bases aéreas de acuerdo con las prioridades técnicas y administrativas establecidas.

## **2.4 Metodología**

La presente investigación responde al paradigma cualitativo con un enfoque descriptivo, y se caracteriza por partir de observaciones realizadas en el entorno de un caso o problemática particular para posteriormente a través de un proceso inductivo remitir el problema a una teoría para formular una hipótesis e intentar validarla empíricamente dándole un énfasis aplicado, permitiendo resolverlo en forma práctica.

De acuerdo a los métodos y técnicas de recolección de datos, se enmarca este estudio en el campo de la investigación acción, dado que gran parte de la información recolectada se hizo a través del trabajo de campo y entrevistas personales con los funcionarios encargados de la operación logística en la cadena de hidrocarburos tanto de la Fuerza Aérea como del sector civil.

## **2.5 Conclusiones y recomendaciones del trabajo**

Se evidencian fallas en el control de inventarios mediante el sistema actual como consecuencia del error asociado a la metodología de medición (0.05%), lo cual pone en riesgo la confiabilidad de la información, y posibilita las pérdidas del combustible de aviación.

Esta situación originó la realización de una exploración en el mercado nacional, mediante la cual se pudo verificar la existencia en el país de empresas tecnológicamente capacitadas para la implementación del sistema de control de inventarios por radar con transmisión de datos vía inalámbrica hasta un centro de control.

De igual manera se establecieron las condiciones técnicas y económicas para la proyección de la instalación de esta tecnología en los complejos de combustibles de la Fuerza Aérea Colombiana por empresas y personal nacional con asesoría de las casas fabricantes, confirmándose igualmente, la idoneidad y experiencia

de dichas empresas en la instalación y soporte de esta tecnología de control.

De otra parte, se pudo establecer un alto grado de satisfacción de las empresas usuarias de esta tecnología representado en el incremento de la confiabilidad y disminución del margen de error en sus inventarios, lo cual impacta los indicadores de gestión logísticos de dichas empresas y se espera impacten los indicadores de gestión establecidos por la Fuerza Aérea Colombiana en el proceso de logística aeronáutica.

Igualmente, se comprobó la viabilidad económica del proyecto, por cuanto los costos asociados a su implementación pueden ser asumidos por la Fuerza Aérea Colombiana dentro de su presupuesto ordinario con un tiempo de recuperación de la inversión calculado en 2.5 años en promedio por cada complejo.

Finalmente, con la implementación del sistema, se espera mejorar la confiabilidad, calidad y oportunidad en la información contable, hecho económico reflejado directamente en los estados financieros, con el único fin de servir como punto de partida y base para la toma de decisiones mediante proyecciones que ayuden a definir la tendencia futura para una erogación que tiene alto impacto en el presupuesto general de la nación y sobre la defensa y seguridad del país por su afectación en las operaciones aéreas

## **2.6 Fuentes Bibliográficas**

ANGULO BAHÓN, Cecilio; RAYA GINER, Cristóbal. Tecnología de Sistemas de Control.

BENAVIDES LEGARDA, María Eugenia. Textos de Contabilidad Pública No. 8 "Avances en Contabilidad Pública, Utilidad de la Información Contable en la Construcción de las Estadísticas de las Finanzas Públicas.

COLOMBIA. MINISTERIO DE HACIENDA Y CREDITO PÚBLICO. Dirección General del Presupuesto Público. Resolución No.035 de 23 julio de 2009.

CONTADURÍA GENERAL DE LA NACIÓN. Régimen de Contabilidad Pública, Plan General de Contabilidad Pública.

CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación industrial.

DIRECCIÓN DE COMBUSTIBLES DE AVIACIÓN, Acta de Junta de Combustibles de Aviación.

DOMÍNGUEZ, Arístides Bryan. Los ingenieros de la antigüedad. FUERZA AÉREA COLOMBIANA, Plan Estratégico Institucional FAC 2011-2030.

HARRIS, Lawrence Ernest. The Two Netherlanders: Humphrey Bradley and Cornelis Drebbel.

JEFATURA DE OPERACIONES LOGÍSTICAS AERONÁUTICAS. Plan Estratégico Funcional.

OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de Control Moderna.

SAN JUAN, Carlos. La Revolución industrial.

VILLALOBOS ORDAZ, *et al.* Medición y control de procesos industriales.

## INTRODUCCIÓN

El combustible de aviación es un factor de vital importancia en el cumplimiento de la misión institucional de la Fuerza Aérea Colombiana, ya que sin los niveles adecuados del mismo es, si no imposible, muy difícil la realización de operaciones aéreas efectivas, lo que genera la necesidad de manejar información confiable y oportuna sobre las existencias del producto en cada uno de los complejos de almacenamiento que tiene la Fuerza. Es por ello, que la implementación de un sistema de monitoreo remoto que permita conocer en tiempo real, el nivel de combustible de aviación almacenado en las Unidades Aéreas es una de las prioridades dentro del proceso de logística aeronáutica y una de las iniciativas contempladas dentro del Plan Estratégico Institucional.

Con el desarrollo de este estudio se pretende de una parte aportar a la solución efectiva del problema de confiabilidad en las operaciones aéreas, en las cuales el abastecimiento del combustible es un factor decisivo y por otro lado dar cumplimiento al requisito de grado establecido por Curso de Información Militar CIM 2012.

Se espera que los resultados obtenidos con este estudio sean aprobados por la Fuerza Aérea Colombiana para su posterior implementación y desde el campo académico sean difundidos a la comunidad académica interna y externa mediante la publicación de un artículo en la Revista Aeronáutica de la Fuerza Aérea Colombiana, haciendo énfasis en los efectos generados en la toma de decisiones operacionales, logísticas y financieras.

Para el desarrollo de este trabajo se han planteado cuatro capítulos, en el primero de ellos se presenta una introducción y diagnóstico al lector sobre la importancia estratégica que para la Fuerza Aérea Colombiana representa el combustible de aviación y los métodos empleados actualmente para su control, así como una breve introducción a los sistemas de control automático, la caracterización del problema de estudio y algunas tecnologías desarrolladas para tal fin.

El segundo capítulo desarrolla el estudio de mercados de acuerdo a la oferta de representantes en el país de diferentes tecnologías de control para el sector industrial con base en criterios de viabilidad técnica, economía y requerimientos para la implementación, entre otros. Igualmente se realiza el análisis financiero de la solución propuesta y se establece la relación de costo – beneficio de la implementación.

El tercer capítulo presenta el programa de implementación de la solución seleccionada en las diferentes bases aéreas de acuerdo con las prioridades técnicas y administrativas establecidas.

El cuarto capítulo presenta los materiales y métodos empleados para el desarrollo de la presente investigación la cual responde al paradigma cualitativo con un enfoque descriptivo, y se caracteriza por partir de observaciones realizadas en el entorno de un caso o problemática particular para posteriormente a través de un proceso inductivo remitir el problema a una teoría para formular una hipótesis e intentar validarla empíricamente dándole un énfasis aplicado, permitiendo resolverlo en forma práctica.

De acuerdo a los métodos y técnicas de recolección de datos, se enmarca este estudio en el campo de la investigación acción, dado que gran parte de la información recolectada se hizo a través del trabajo de campo y entrevistas personales con los funcionarios encargados de la operación logística en la cadena de hidrocarburos tanto de la Fuerza Aérea como del sector civil.

Finalmente, se espera con la realización del presente estudio presentar a la Fuerza Aérea una solución viable para optimizar el control de sus inventarios de combustible de aviación como factor estratégico para la seguridad y defensa del país.

## 1. JUSTIFICACIÓN

El adecuado control de existencias de combustible de aviación es uno de los más importantes factores estratégicos para el cumplimiento de la misión de la Fuerza Aérea Colombiana y por consiguiente para garantizar la Seguridad y Defensa del país; es esta relevancia lo que motiva principalmente el desarrollo de este estudio en procura de optimizar los procesos actuales de gestión logística que sorprendentemente aún se realizan de forma manual.

Con la realización del presente estudio se quiere demostrar que al implementar un sistema remoto de monitoreo y control del nivel de combustible de aviación en la Fuerza Aérea, se obtendrán ventajas trascendentales como:

- Reducción de incertidumbre en la toma de decisiones operacionales y logísticas al conocer con certeza el inventario de combustible de aviación en las Unidades Aéreas
- Disminución significativa de riesgo de hurtos, pérdidas, desperdicios y/o derrames del producto
- Mayor eficiencia logística operacional al sustituir los reportes manuales de entradas y/o salidas de producto
- Mejorar la efectividad en la planeación de los recursos requeridos para la compra del Combustible de Aviación, con base en información más oportuna, real y confiable

La selección, diseño e implementación de un sistema de monitoreo remoto que permita conocer en tiempo real el nivel de combustible de aviación almacenado en las Unidades Aéreas, impactará directamente en los resultados del Proceso de Logística Aeronáutica, cuya misión es "garantizar el máximo alistamiento de aeronaves y equipo asociado para el cumplimiento de las operaciones aéreas"<sup>1</sup>. Dentro del equipo asociado se encuentran el armamento aéreo, combustible de aviación, comunicaciones y el equipo terrestre de apoyo aeronáutico (ETAA), sin los cuales es imposible desarrollar las operaciones aéreas.

El presente estudio se realiza partiendo de una descripción y diagnóstico de la manera en que actualmente se controlan los niveles de almacenamiento de combustible en la Fuerza Aérea y un análisis técnico detallado de las diferentes opciones que se manejan en el mercado en cuanto a sistemas de monitoreo remoto, para determinar cuál es el más conveniente para la implementación en la Fuerza Aérea desde los aspectos, técnicos y tecnológicos, operativos y de relación costo – beneficio.

La selección, diseño e implementación de un sistema de monitoreo remoto para el control del combustible de aviación en las Unidades Aéreas, permitirá conocer en tiempo real y con exactitud el nivel de almacenamiento del producto, al contar con una tecnología que facilite el monitoreo centralizado, transmitiendo en tiempo real los datos desde los tanques de almacenamiento de todas las Unidades, con una precisión suficiente para conocer permanentemente el inventario real del producto en toda la Fuerza.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente el control de inventarios en los tanques de almacenamiento de combustible se realiza de forma manual utilizando una cinta métrica calibrada. Este procedimiento se encuentra aprobado y documentado en el manual de Combustible de Aviación FAC. Cada tanque cuenta con una tabla de aforo certificada, que indica la cantidad de galones por cada centímetro lineal que indique la cinta métrica. Este sistema a pesar de ser avalado por norma técnica, carece de niveles de exactitud como los requeridos para el control de un producto de alto impacto, por su indispensable utilización, elevado consumo y alto costo como el combustible de aviación.

---

<sup>1</sup> JEFATURA DE OPERACIONES LOGÍSTICAS AERONÁUTICAS. Plan Estratégico Funcional, p. 2.

Las existencias del combustible de aviación se actualizan cada 24 horas, mediante el reporte efectuado por los almacenistas en cada Unidad. Esta situación implica un alto grado de incertidumbre, que afecta la planeación y realización de las operaciones aéreas. El control del inventario se realiza mediante el sistema SAP (Systeme, Anwendungen und Produkte), que garantiza la confiabilidad en la información, pero desafortunadamente no su oportunidad, ya que los movimientos de ingresos y salidas del producto no se efectúan en tiempo real, sino una vez el operario y/o almacenista de cada Unidad cuenta con disponibilidad para llevarlos a cabo mediante los reportes.

Por lo expuesto anteriormente, se ha identificado como una necesidad para la Fuerza Aérea Colombiana, desarrollar un estudio que permita la selección, diseño e implementación de un sistema de monitoreo remoto para el control de las existencias de combustible de aviación en las Unidades Aéreas, que garantice en tiempo real y con exactitud conocer el nivel de almacenamiento del producto.

El sistema de monitoreo remoto para el control de las existencias de combustible de aviación en las Unidades Aéreas se convertirá en una herramienta vital para la toma de decisiones operativas, ya que el nivel de almacenamiento en determinado punto geográfico del país define la ejecución o no de una operación aérea y la programación del número y tipo de aeronaves para una misión aérea, así como en la toma de decisiones financieras de la Fuerza, toda vez que se genera un mejor planeamiento de los recursos requeridos con cargo al Presupuesto General de la Nación, para la adquisición del Combustible de Aviación.

## **2.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo mejorar el control de inventarios del combustible de aviación en la Fuerza Aérea, para facilitar la toma de decisiones operacionales, logísticas y financieras?

## **2.2. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el tipo de sistema de monitoreo remoto que debe implementar la Fuerza Aérea para controlar en tiempo real el nivel de almacenamiento de combustible de aviación en los tanques de las Unidades Aéreas.

## **2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

**2.3.1.** Diagnosticar la situación actual de monitoreo y control de existencias del combustible de aviación en la Fuerza Aérea, para contextualizar, ubicar y orientar el presente estudio.

**2.3.2.** Desarrollar un estudio de mercados que permita establecer la oferta a nivel nacional de sistemas de monitoreo remoto para el control del combustible de aviación y determinar, mediante un análisis financiero y relación costo – beneficio, la mejor opción que se ajuste a las necesidades de la Fuerza Aérea.

**2.3.3.** Definir el programa de implementación del sistema de monitoreo remoto para el control del combustible de aviación para las Unidades de la Fuerza Aérea, de acuerdo con las prioridades que se establezcan en el presente estudio.

### **3. CAPÍTULO I**

## **DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DEL COMBUSTIBLE DE AVIACIÓN EN LA FAC**

Con el desarrollo de este primer capítulo se establecerá un diagnóstico sobre el estado actual del sistema logístico referido al acopio, almacenamiento, control y distribución del combustible de aviación en la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), se pretende ubicar al lector en el contexto aeronáutico e informarlo de la importancia estratégica que representa para la Fuerza Aérea el combustible. De igual manera, se presentan estadísticas de almacenamiento y consumo al interior de la FAC y las responsabilidades a cargo de la Dirección de Combustibles de Aviación (DICOA) en el cumplimiento de la misión de la Jefatura de Operaciones Logísticas Aeronáuticas (JOL) y su contribución a la misión de la FAC.

#### **3.1. EL COMBUSTIBLE DE AVIACIÓN: FACTOR ESTRATÉGICO PARA LA FAC**

Con el propósito de contextualizar y orientar el presente estudio, es importante describir en forma general la situación del combustible de aviación en la Fuerza Aérea, indicando algunas generalidades que permitan entender la importancia del producto en el logro de la misión de la Fuerza.

De igual manera, se presentará el indicador de gestión mediante el cual se determina y evalúa la cantidad de combustible almacenado, los controles actuales que se llevan a cabo para garantizar el almacenamiento requerido y finalmente la necesidad de contar con un sistema de monitoreo remoto que permita conocer en tiempo real los niveles de reserva de combustible en la FAC, de tal manera que la información sea confiable y oportuna para la toma de decisiones logísticas y operacionales.

##### **3.1.1. Generalidades**

La misión institucional es: “La Fuerza Aérea Colombiana ejerce y mantiene el dominio del espacio aéreo, conduce operaciones aéreas para la defensa de la soberanía, la independencia, la integridad del territorio nacional y del orden constitucional y el logro de los fines del Estado”<sup>2</sup>. Para el cumplimiento de esta misión es imprescindible la realización de un proceso funcional denominado Logística Aeronáutica. Este proceso es desarrollado por la Jefatura de Operaciones Logísticas Aeronáuticas (JOL) cuyo

---

<sup>2</sup> FUERZA AÉREA COLOMBIANA, Plan Estratégico Institucional FAC 2011-2030. Bogotá: Editorial de las FFMM, p. 20.

producto es garantizar el máximo alistamiento de aeronaves y equipo asociado para el cumplimiento de las operaciones aéreas.

Como aeronaves se entienden entonces los aviones o aeronaves de ala fija y los helicópteros o aeronaves de ala rotatoria, a su vez, como equipo asociado se entiende el armamento aéreo, el combustible de aviación, las comunicaciones y el equipo terrestre de apoyo aeronáutico (ETAA), sin los cuales es imposible desarrollar las operaciones aéreas, incluso si las aeronaves se encuentran listas para vuelo por factor mantenimiento.

En relación al combustible de aviación, la Fuerza Aérea Colombiana consume dos tipos: el JET-A1, utilizado en aeronaves propulsadas con motores de turbina cuya representación es del 90% en el consumo total de la Fuerza y el AVGAS utilizado en aeronaves propulsadas con motores alternativos o a pistón, cuyo consumo representa el restante 10%<sup>3</sup>.

Para garantizar el almacenamiento suficiente y el oportuno suministro del combustible de aviación en las unidades aéreas, aeropuertos, zonas de orden público y en donde la FAC lo requiera para el desarrollo de operaciones aéreas, la Fuerza Aérea cuenta con la Dirección de Combustibles de Aviación (DICOA), que pertenece orgánicamente a la JOL. En DICOA se lleva a cabo la ejecución de los contratos de suministro de combustible, la gestión logística de pedidos y reabastecimiento de productos y el control administrativo, logístico, fiscal y contable del producto.

Debido a la importancia estratégica del combustible de aviación en la FAC, se cuenta con controles establecidos para garantizar la calidad y la cantidad del mismo. La herramienta fundamental para conocer la cantidad de producto almacenado en las Unidades Aéreas es el Parte de Combustibles de Aviación.

El Parte de Combustibles de Aviación consolida la información diaria reportada por cada uno de los almacenistas donde indican la reserva de producto, tanto de JET-A1 como de AVGAS que se encuentra almacenado en los complejos, y el combustible recibido y suministrado el día anterior. Las capacidades de almacenamiento de combustible en cada una de las Unidades Aéreas se presentan en la tabla 1.

---

<sup>3</sup> DIRECCIÓN DE COMBUSTIBLES DE AVIACIÓN, Acta de Junta de Combustibles de Aviación. Datos históricos. Diciembre de 2011, p. 10.

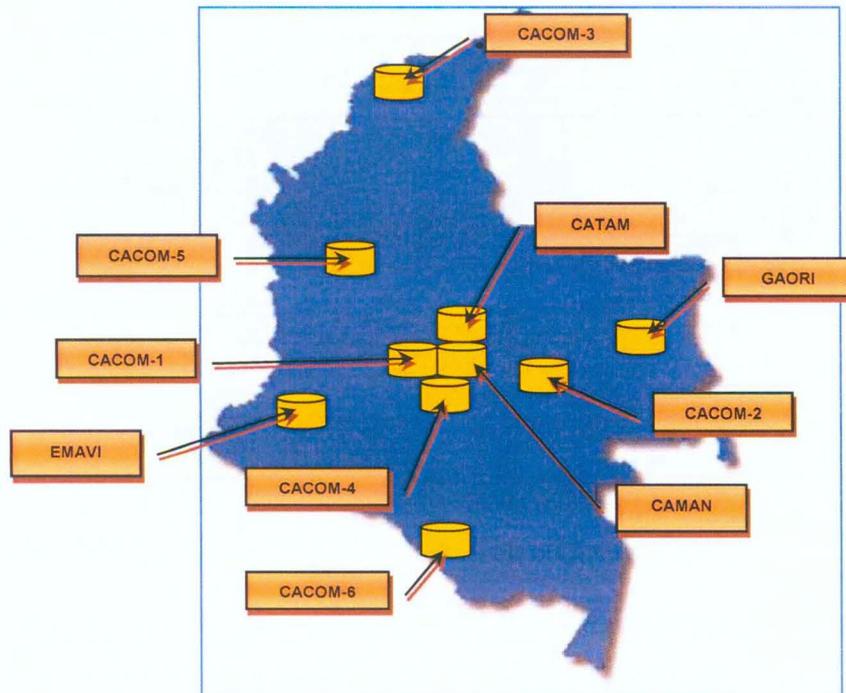
Tabla 1. Capacidad de almacenamiento de combustible de aviación en la FAC

UNIDAD	CIUDAD	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (GL)	
		JET A-1	AVGAS
CACOM 1	PUERTO SALGAR	224.000	0
CACOM 2	VILLAVICENCIO	243.051	10.400
CACOM 3	MALAMBO	88.328	0
CACOM 4	MELGAR	46.200	0
CACOM 5	RIONEGRO	20.000	0
CACOM 6	TRES ESQUINAS	56.600	2.500
CATAM	BOGOTA	180.000	0
CAMAN	MADRID	13.400	2.500
EMAVI	CALI	79.899	16.133
GAORI	MARANDUA	30.000	2.500
<b>SUBTOTAL</b>		981.478	34.033
<b>TOTAL</b>			<b>1.015.511</b>

Fuente: Dirección de Combustibles de Aviación (DICOA)

La tabla muestra la ubicación de los diez complejos de almacenamiento con los cuales cuenta la Fuerza Aérea siendo el del CACOM 2 el de mayor capacidad con 253.451 galones y el de CAMAN en de menor capacidad con sólo 15.900 galones.

Figura 1. Ubicación en el territorio nacional de los complejos de combustible de la Fuerza Aérea Colombiana.



Fuente: Elaboración propia.

La ubicación geográfica de los complejos de combustible se muestra en la figura 1, en esta se identifica cuatro de los diez complejos ubicados en el centro del país y los restantes seis en forma periférica, estas características geográficas deben ser tenidas en cuenta en el costeo de la implementación del sistema por cuanto afecta la logística de la empresa que realice la instalación de los equipos.

### 3.1.2. Indicadores de gestión logística aeronáutica

Para llevar a cabo su misión, la Fuerza Aérea Colombiana estableció un modelo de gestión por procesos, de los cuales cuatro se agrupan bajo el concepto de procesos gerenciales, cuatro bajo el concepto de procesos misionales y cinco bajo el concepto de procesos de apoyo como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Mapa de Procesos Fuerza Aérea Colombiana



Fuente: Fuerza Aérea Colombiana, Plan Estratégico Institucional FAC 2011-2030.

Dada la importancia de este Proceso Funcional en la Fuerza Aérea y para controlar y minimizar el riesgo de no cumplir con la misión y objetivos del mismo, se ha establecido un Indicador de Gestión denominado ISLA: Índice de Soporte Logístico Aeronáutico,

conformado por seis variables, que permiten medir la gestión de las diferentes áreas comprometidas en la labor de la Jefatura. Estas variables son:

- Alistamiento de Aeronaves
- Armamento Aéreo
- Radares
- Combustible de Aviación
- Comunicaciones y Radio ayudas
- Equipo ETAA

La participación en el ISLA y la meta de cada variable se pueden observar en la tabla 2.

Tabla 2. Metas para el Índice de Soporte Logístico Aeronáutico "ISLA" JOL

JOL	AERONAVES (DIMAN)					RADARES (DICRA)					ARMAMENTO (DIARA) 2011- FIABILIDAD: 97%      2012-97,50% 2011-STOCK: 74%      2012-75,0% 2011-ALISTAMIENTO: 93%      2012- 93,50%				
	PROM. RESULTADO 2011	PESO	META 2011	META 2012	DIFERENCIA	PROM. RESULTADO 2011	PESO	META 2011	META 2012	DIFERENCIA	PROM. RESULTADO 2011	PESO	META 2011	META 2012	DIFERENCIA
	73,68%	53%	72	72,5	0,50	96,55	15%	95	95	95	91,35%	14%	88,00	88,67	0,67
	COMBUSTIBLES (DICOA) 2011-STOCK: 78%      2012-79% 2011-CAPACIDAD: 95%      2012-96%					COMUNICACIONES (DIARA) 2011-2012      ALISTAMIENTO: 97% 2011-2012      COBERTURA: 69%					ETAA (DIMAN)				
	PROM. RESULTADO 2011	PESO	META 2011	META 2012	DIFERENCIA	PROM. RESULTADO 2011	PESO	META 2011	META 2012	DIFERENCIA	PROM. RESULTADO 2011	PESO	META 2011	META 2012	DIFERENCIA
	85,75%	10%	83,10	84,10	1,00	92,61%	4%	91	91	0	88,61%	4%	88	89	1

Fuente: Jefatura de Operaciones Logísticas Aeronáuticas JOL. Cuadro de Mando Integral (BSC)

El sistema utilizado por la Fuerza Aérea para la evaluación de los resultados y metas en el Sistema de Gestión de Calidad es el Cuadro de Mando Integral, que mediante la metodología del semáforo permite, en periodos de evaluación mensual, evidenciar si un indicador alcanzó o no la meta propuesta.

Para el caso específico de la variable combustible de aviación, la meta para el año 2012 es del 84,10% mensual. Esta variable está compuesta por dos sub variables:

Nivel de Almacenamiento de Combustibles (NAC), que mide el nivel de almacenamiento diario en los tanques de combustible de aviación de las Unidades Aéreas, y que se consolida mensualmente. Tiene un peso del 70% en la variable y la meta es el 79%.

Capacidad Adicional de Almacenamiento Requerido (CAAR), que mide la Capacidad de DICOA para ubicar combustible en sitios donde no se cuenta con almacenamiento del mismo y que se requiere para una operación aérea determinada. Estos requerimientos

se realizan generalmente con equipos especiales de almacenamiento y suministro denominados FARE, tiene un peso del 30% en la variable y la meta es el 96%. En la tabla 3, se presenta la composición de la variable combustible de aviación.

Tabla 3. Indicador Combustible de Aviación

VARIABLE	SUBVARIABLE	META	PARTICIPACIÓN	TOTAL
COMBUSTIBLE DE AVIACIÓN	NAC	79%	70%	55,30%
	CAAR	96%	30%	28,80%
TOTAL			100%	84,10%

Fuente: Jefatura de Operaciones Logísticas Aeronáuticas JOL. Cuadro de Mando Integral (BSC)

El presente estudio se centra en la sub variable Nivel de Almacenamiento de Combustible (NAC), que como ya se mencionó, mide el nivel de almacenamiento de combustible de aviación en las Unidades Aéreas.

El impacto del combustible de aviación en la Fuerza Aérea se puede evidenciar en el consumo promedio que asciende a 15,5 millones de galones al año lo que representa un valor de \$ 130.000 millones de pesos aproximadamente<sup>4</sup>, lo que obliga a llevar estrictos controles a nivel contractual, financiero y logístico. La responsabilidad del combustible de aviación en la FAC recae en DICOA, donde se desarrollan tareas de vital importancia como lo son:

- Planeación de requerimientos a nivel logístico y presupuestal
- Solicitud de recursos y desarrollo de la etapa precontractual
- Ejecución centralizada de los contratos
- Control logístico del producto: gestión de pedidos, control de calidad, control de inventarios en SAP
- Coordinación permanente con proveedores y almacenistas de las Unidades
- Elaboración del Parte Diario de Combustibles de Aviación de la FAC
- Control y verificación de la facturación y trámite para pago al Departamento Financiero.

Como se observa en la Tabla 1 anteriormente mostrada, actualmente la FAC cuenta con una capacidad de almacenamiento de combustible de aviación de 1.015.511 galones distribuidos en las diferentes Unidades, y teniendo en cuenta la meta

<sup>4</sup> DIRECCIÓN DE COMBUSTIBLES DE AVIACIÓN. Acta de Junta de Combustibles de Aviación. Diciembre de 2011, p. 10.

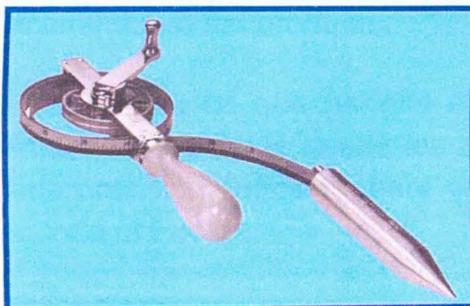
establecida para la sub variable NAC en 2012 (79%), se deben garantizar existencias diarias de por lo menos 802.254 galones de combustible de aviación.

El logro de la anterior meta, representa un esfuerzo logístico considerable que implica acciones relacionadas con los pedidos, la coordinación con los almacenistas y proveedores para las entregas de forma que se garantice que las existencias no sean inferiores a este nivel, más aún si se parte de la base que el consumo promedio diario de la FAC es de 44.000 galones<sup>5</sup>, siendo necesario recibir producto a diario especialmente en las Unidades que presentan el mayor consumo como CATAM, CACOM-1, CACOM-2 y CACOM-3.

### 3.1.3. Controles implementados

Actualmente el control de inventarios en los tanques de almacenamiento de combustible se realiza de forma manual, cumpliendo la norma API, y se realiza con una cinta métrica calibrada como se muestra en la figura 3. Este procedimiento se encuentra aprobado y documentado en el Manual de Combustible de Aviación FAC. Cada tanque cuenta con una tabla de aforo certificada, que indica la cantidad de galones por cada centímetro lineal que indique la cinta métrica. Este sistema a pesar de ser avalado por norma técnica, no brinda la mayor exactitud que requiere el control de un producto de alto impacto, por su importante utilización y elevado costo como el combustible de aviación.

Figura 3. Cinta métrica para medición de combustible de aviación



Fuente: Manual de Combustibles de Aviación FAC.

Una vez el almacenista de cada Unidad efectúa la medición del inventario a primera hora de la mañana, debe reportarlo a DICOA, donde se consolida el parte de combustibles de aviación de la Fuerza y se reporta a las Dependencias encargadas de la planeación y control de operaciones, convirtiéndose en una herramienta vital para la

---

<sup>5</sup> *Ibíd.*, p. 11.

toma de decisiones operativas, ya que el nivel de almacenamiento en determinado punto define la ejecución o no de una operación aérea y la utilización del número y tipo de aeronaves para una misión.

La reserva de combustible de aviación se actualiza en períodos de 24 horas una vez que los almacenistas reportan, al día siguiente las existencias en cada Unidad. Esta situación implica un grado de incertidumbre muy alto, que afecta la planeación y realización de las operaciones aéreas.

El control del inventario se realiza mediante el sistema SAP, que garantiza la confiabilidad en la información, pero desafortunadamente no su oportunidad, ya que los movimientos de ingresos y salidas del producto no se realizan en tiempo real, sino una vez el operario y/o almacenista de cada Unidad cuenta con disponibilidad para llevarlos a cabo.

Es por ello que DICOA tiene establecido que antes de las 08:00 de cada día, las Unidades deben reportar el parte de combustibles de aviación y se realiza el cruce del envío físico contra SAP para cerciorarse de que no existen diferencias.

### **3.2. SISTEMA REMOTO DE MONITOREO Y CONTROL**

Con lo anteriormente expuesto, se puede evidenciar que es indispensable para la Fuerza Aérea, implementar un Sistema Remoto de Monitoreo y Control para el combustible de aviación en las Unidades Aéreas, que permita conocer en tiempo real y con exactitud el nivel de almacenamiento del producto.

El sistema debe poseer una tecnología tal que permita el monitoreo centralizado en DICOA, transmitiendo en tiempo real los datos desde los tanques de almacenamiento de todas las Unidades, con una precisión suficiente para conocer permanentemente el inventario real del producto en toda la Fuerza.

De igual manera, el Sistema Remoto de Monitoreo y Control de Combustible de Aviación (SRMCCA), deberá contar con facilidades adicionales que permita la obtención en tiempo real de información y el procesamiento de la misma que garanticen los aspectos relacionados en la tabla 4.

Tabla 4. Características adicionales del SRMCCA.

Capacidad	Efectos
Monitoreo de sobrellenado	Evita pérdidas por derrames de producto, al poderse tomar acciones correctivas en tiempo real.
Monitoreo de niveles de agua en el combustible	Se optimiza el control de calidad del producto, teniendo en cuenta que el agua es el principal contaminante del combustible de aviación, logrando ahorros significativos al determinar las cantidades exactas de drenaje en cada tanque, evitando desperdicios de producto.
Software de control para visualización del inventario consolidado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar el nivel de los tanques remotamente y centralizado en DICOA.</li> <li>- Generar reportes relacionados con el combustible y facilitar el manejo estadístico de la información, tendencias, gráficos, etc.</li> <li>- Reducir el riesgo de mantener niveles por debajo del inventario estratégico de la Fuerza.</li> <li>- Facilitar la gestión de pedidos conociendo en tiempo real los puntos de reorden de cada complejo.</li> <li>- Alcanzar mayor eficiencia en el personal al no ser necesario efectuar reportes manuales en SAP, ni envío del Parte Diario de Combustibles por parte de los almacenistas de las Unidades.</li> <li>- Detectar problemas técnicos o de operación en los complejos de combustible, antes de recibir el reporte de los almacenistas</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera se pueden mencionar otras ventajas logísticas y administrativas derivadas de la implementación del SRMCCA para la Fuerza tales como:

- Facilidad para la toma de decisiones operacionales y logísticas, al conocer con certeza el inventario de combustible de aviación en las Unidades Aéreas.
- Mayor control de cantidad del combustible de aviación en los complejos de las Unidades Aéreas, reduciendo significativamente el riesgo de hurtos, pérdidas, desperdicios y/o derrames del producto.
- Visualización en tiempo real y desde cualquier parte del mundo, de los niveles de inventario del combustible de aviación en toda la Fuerza.
- Máxima eficiencia al no requerir que los operarios efectúen reportes manuales de entradas o salidas de producto para conocer la reserva real.
- Disminución significativa de costos, al garantizar que se efectúan los drenajes de producto suficientes para eliminar el agua apozada en los tanques, evitando desperdicio del combustible.

Con la realización del presente estudio y la posterior implementación de un sistema remoto de monitoreo y control para el combustible de aviación, se beneficia toda la Fuerza, desde los siguientes puntos de vista:

Operacional: al contar con información estratégica confiable y en tiempo real, para la planeación y desarrollo de operaciones aéreas.

Logístico: al facilitar la toma de decisiones para la realización de pedidos de producto, control de calidad y cantidad de producto y conocer el estado de operación en tiempo real de los complejos de combustible.

Administrativo: al contar con un sistema que optimice el control de los inventarios de combustible de aviación, reduciendo al máximo el riesgo de robos, perdidas, malos manejos, desperdicios y/o derrames del producto. Adicionalmente se genera un mejor planeamiento de los recursos con cargo al Presupuesto General de la Nación logrando mejor aprovechamiento de las apropiaciones asignadas.

Tecnológico: al contar con un sistema con tecnología de punta para el control del combustible de aviación, siendo pionera a nivel de las Fuerzas Militares e incluso a nivel nacional, ya que actualmente los Grandes Mayoristas de Combustible de Aviación los utilizan en las Plantas de Almacenamiento y no en las estaciones de servicio, y por su naturaleza los complejos de combustible de aviación de las Unidades Aéreas se ubican dentro de esta denominación, lo cual va en concordancia directa con la visión de la FAC de ser líder en el ámbito tecnológico y de poder aeroespacial.

Optimización de procesos: ya que la implementación del sistema garantizará la actualización permanente y en tiempo real de la información, sin requerir la intervención del factor humano en operaciones manuales de ingreso de información.

Se puede concluir entonces que la implementación del sistema de control de inventarios impactará positivamente en la Fuerza Aérea y en sus procesos misionales y de apoyo contribuyendo directamente al logro de la misión y visión proyectadas.

### **3.2.1. Monitoreo y control remoto de sistemas**

Los sistemas de control en los procesos humanos han estado presentes desde el inicio mismo de su historia, bien sea en sus actividades cotidianas, agrícolas e industriales. En la era moderna los sistemas de control se aplican a procesos productivos o administrativos en los cuales se opta por reemplazar funciones de supervisión pasiva a cargo de personas por instrumentos y modelos automatizados de control que minimizan el error y aumentan la eficiencia del proceso controlado, una conceptualización teórica del control automatizado es la que plantea Ogata:

El control automático ha desempeñado un papel vital en el avance de la ingeniería y la ciencia. Además de su gran importancia en los sistemas de vehículos espaciales, guiado de misiles, sistemas robóticos y análogos, el

control automático se ha convertido en una parte importante e integral de los procesos modernos industriales y de fabricación. Por ejemplo, el control automático es esencial en el control numérico de las máquinas herramientas de las industrias de manufactura, en el diseño de sistemas pilotos automáticos en la industria espacial, y en el diseño de automóviles y camiones en la industria automotriz. También es esencial en las operaciones industriales como el control de presión, temperatura, humedad, viscosidad y flujo en las industrias de proceso<sup>6</sup>.

De acuerdo a la naturaleza del problema a resolver, se valida la conceptualización realizada por el autor y se enmarca dentro de las aplicaciones industriales para control de flujo en procesos.

### 3.2.2. Introducción a los sistemas de control

Los sistemas de control y sus aplicaciones se remontan a los tiempos de la Grecia antigua, allí Herón de Alejandría publicó un libro llamado *pneumática* en el cual describía algunos mecanismos para el control del nivel de agua a través de flotadores. Es también de esta época la famosa fuente mágica de Herón de Alejandría cuyo funcionamiento se fundamenta en la diferencia de presión y altura de sus componentes que permite la operación de la misma sin una fuente motora externa, tan solo por el efecto de la gravedad<sup>7</sup>.

En la época moderna, al inventor holandés Cornelis Drebbel, se le atribuye el desarrollo de una incubadora con control realimentado de la temperatura, así como el desarrollo del primer submarino utilitario<sup>8</sup>. Por su parte al inventor francés Dennis Papin se le atribuye el primer regulador de presión de vapor<sup>9</sup>. Sin embargo es al ingeniero escocés James Watt a quien se le atribuye el primer sistema automático de control con realimentación<sup>10</sup>.

Con la evolución de la teoría del control moderno, se han desarrollado modelos de predicción de los mecanismos y de su respuesta conforme a las entradas, bien sea en lazo abierto o en lazo cerrado. Para esto se han desarrollado sistemas de ecuaciones cuya solución matemática puede predecir el comportamiento del sistema.

---

<sup>6</sup> OGATA, Katsuhiko. *Ingeniería de Control Moderna*. 4ª edición. Madrid: Pearson Educación S.A., 2003, p. 1.

<sup>7</sup> DOMÍNGUEZ, Arístides Bryan. *Los ingenieros de la antigüedad*. Buenos Aires: ANI - Academia Nacional de Ingeniería, 2011, p. 6.

<sup>8</sup> HARRIS, Lawrence Ernest. *The Two Netherlanders: Humphrey Bradley and Cornelis Drebbel*. Editor Brill Archive. 1961, p. 176.

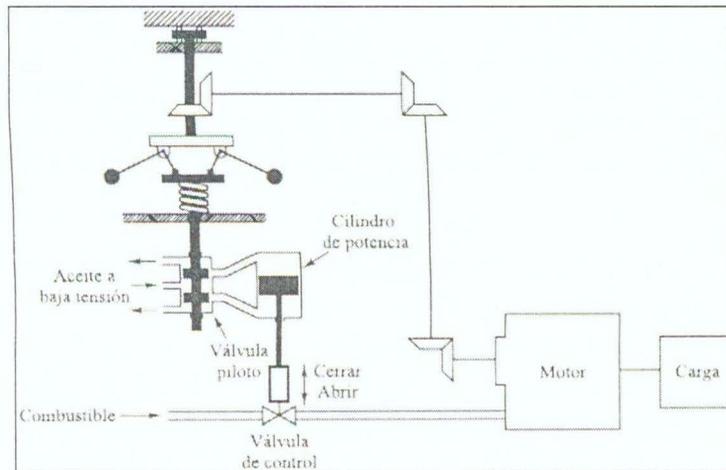
<sup>9</sup> SAN JUAN, Carlos. *La Revolución industrial*. Ediciones AKAL. 1993, p. 9.

<sup>10</sup> ANGULO BAHÓN, Cecilio; RAYA GINER, Cristóbal. *Tecnología de Sistemas de Control*. Cataluña: Editorial Universidad Politécnica de Catalunya, 2004, p. 25.

A continuación se ejemplifican un par de sistemas de control para contextualizar de mejor manera el tema. En primer lugar y como lo mencionamos anteriormente, se muestra en la figura 4 el regulador de velocidad de Watt. Ogata describe su funcionamiento así:

La velocidad deseada de la máquina se ajusta mediante el paso de combustible, si se presenta una perturbación en el funcionamiento, bien sea un exceso de carga o sobre velocidad, el sistema de control ajusta el paso o de combustible, bien sea para incrementarlo o disminuirlo y llevar la máquina nuevamente al régimen establecido. En este sistema de control de velocidad, la planta (el sistema controlado) es la máquina y la variable controlada es la velocidad de la misma. La diferencia entre la velocidad deseada y la velocidad real es la señal de error. La señal de control (la cantidad de combustible) que se va a aplicar a la planta (la máquina) es la señal de actuación. La entrada externa que se aplica para alterar la variable controlada es la perturbación<sup>11</sup>.

Figura 4. Esquema del sistema de control de velocidad de Watt.

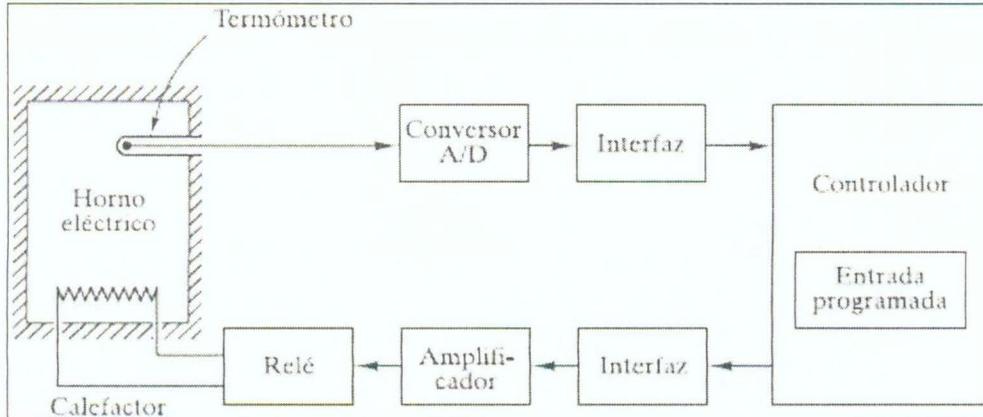


Fuente: OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de Control Moderna.

La figura 5, muestra un diagrama esquemático del control de temperatura de un horno eléctrico, realimentado que sigue una programación de temperaturas almacenadas en un computador o controlador, para este sistema su funcionamiento se describe así:

<sup>11</sup> OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de Control Moderna. 4ª edición. Madrid: Pearson Educación S.A., 2003, p. 4.

Figura 5. Sistema de control de temperatura de un horno.



Fuente: OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de Control Moderna.

La temperatura del horno eléctrico se mide mediante un termómetro, que es un dispositivo analógico. La temperatura analógica se convierte a una temperatura digital mediante un convertidor A/D (Analógico/Digital). La temperatura digital se introduce en un controlador mediante una interfaz. Esta temperatura digital se compara con la temperatura de entrada programada, y si hay una discrepancia (error) el controlador envía una señal al calefactor, a través de una interfaz, amplificador y relé, para hacer que la temperatura del horno adquiriera el valor deseado<sup>12</sup>.

Los ejemplos mostrados representan sistemas de control de diversa aplicación y complejidad en su construcción, pero que satisfacen plenamente la función para la cual fueron diseñados, de la misma manera se pueden hallar en el entorno de la vida diaria muchos ejemplos más de mecanismos simples o sistemas complejos que optimizan la función de control en los procesos industriales, sociales o administrativos.

### 3.2.3. Tipos de sistemas de control

Con el desarrollo de la teoría de control, el hombre categorizó los sistemas de control de acuerdo a sus necesidades básicamente en dos grandes tipos, el primero de ellos en sistemas de control sin realimentación o retro alimentación que son básicamente sistemas en los cuales el valor de la salida del sistema no afecta los parámetros de entrada o alimentación y se fundamentan en variables de tiempo; y de otro lado los sistemas realimentados o retroalimentados en los cuales el valor de la salida del sistema incide directamente en las variables de entrada.

<sup>12</sup> Ibid., p. 4.

Comparativamente los dos tipos de sistema presentan ventajas y desventajas en lo que se refiere a sensibilidad, costo, complejidad y operación, las cuales deberán ser evaluadas bajo las consideraciones particulares de cada aplicación.

En cuanto a la afectación de las perturbaciones en el sistema, dice Ogata que es conveniente el uso de sistemas de lazo cerrado.

Una ventaja del sistema de control en lazo cerrado es que el uso de la realimentación vuelve la respuesta del sistema relativamente insensible a las perturbaciones externas y a las variaciones internas en los parámetros del sistema. Es así posible usar componentes relativamente poco precisos y baratos para obtener el control adecuado en una planta determinada, mientras que hacer eso es imposible en el caso de un sistema en lazo abierto<sup>13</sup>.

En cuanto a la estabilidad del sistema, para el control en lazo abierto este es un parámetro que no afecta el sistema y que primeramente se garantiza mediante la calibración inicial y periódica del mismo. En tanto que para el sistema de control en lazo cerrado la estabilidad es fundamental y representa una importante parte del sistema que puede llevar a incrementar los costos y potencia necesaria en el control.

En relación a factores como la potencia del sistema, los costos y el tamaño del mismo, se considera que el sistema en lazo cerrado se ve incrementado en estos valores por cuanto la incidencia de las perturbaciones en la señal de salida, la acción de corrección de la misma, así como la estabilidad requerida hacen de este un sistema más complejo.

### **3.3. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA PROBLEMA**

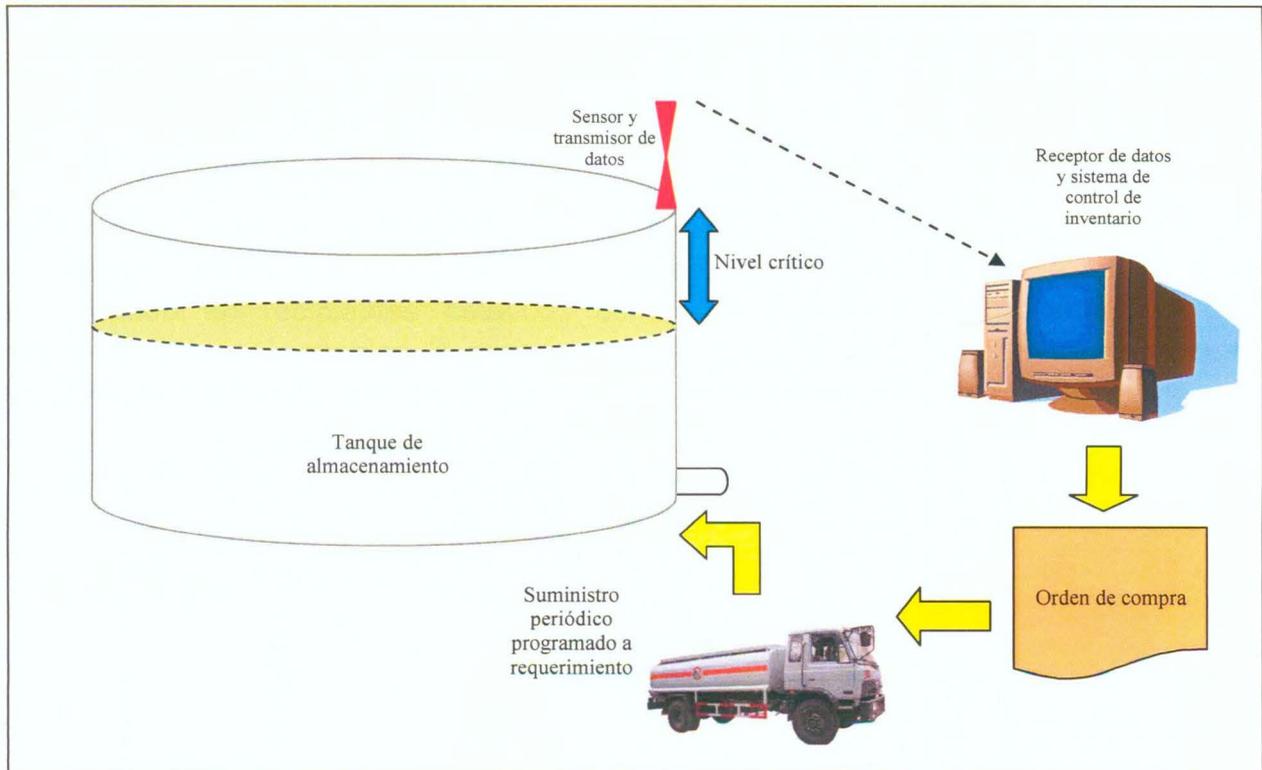
Con base en los anteriores conceptos y en vista de que el problema planteado en esta investigación, consiste en controlar en forma remota los niveles o inventarios de combustible almacenado por la FAC, mediante el monitoreo en tiempo real de los niveles de llenado en los tanques que dispone la Fuerza, el sistema de control corresponde a un sistema en lazo abierto.

Esta caracterización es aplicable al problema, dado que el reabastecimiento de los tanques no se hace en forma automática mediante tuberías de distribución provenientes desde el proveedor de combustible, sino en forma periódica bajo pedido a través de vehículos cisterna, también llamados carro tanques. La representación esquemática del sistema de control para el problema de investigación se muestra en la figura 6.

---

<sup>13</sup> Ibid., p. 7.

Figura 6. Esquema del sistema de control que ilustra el problema de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

Bajo esta caracterización, se espera que el sistema de control a implementar sea de baja complejidad, costo y potencia de operación. Para este caso en particular, la intervención del hombre dentro del sistema de control no se elimina por completo, debido a que la interpretación de datos recibidos, así como la emisión de órdenes de reabastecimiento seguirán bajo responsabilidad de DICOA, por ser tareas que implican el análisis estratégico de las existencias de combustible respecto a la situación de seguridad del país, así como erogaciones del presupuesto de la Fuerza que deben ser controladas adecuadamente.

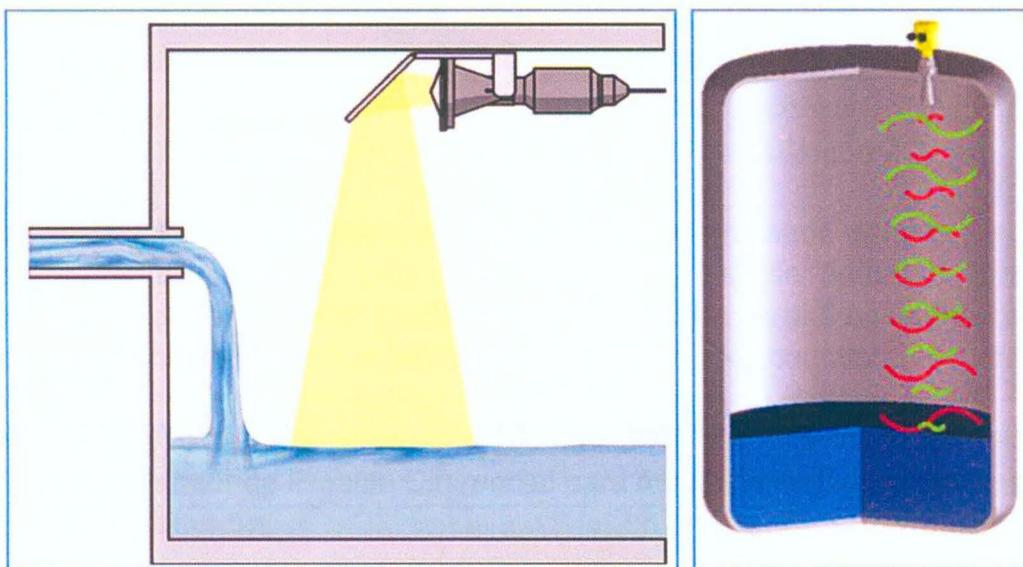
### 3.4. COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONTROL REQUERIDO

Una vez caracterizado el problema, se pueden determinar los componentes del sistema a ser implementado, el cual para el caso de estudio se compondrá de tres elementos principales: el sensor, el transmisor de datos, el control y visualización.

**Sensores.** Las tecnologías desarrolladas para la función de medición de nivel o sensor, son variadas de acuerdo al tipo de aplicación industrial que se requiera, dentro de las más comunes se puede mencionar:

- **Sensor de Radar.** La tecnología radar cuyo origen proviene de las siglas en inglés *radio detection and ranging*, emplea un emisor-receptor de ondas de radio o electromagnéticas para medir distancias, altitudes, direcciones y velocidades de objetos estáticos o móviles, para la aplicación particular de medición del nivel del fluido almacenado en recipientes estáticos como los tanques de almacenamiento han demostrado ser confiables y precisos en la captura de datos. Un esquema del funcionamiento de este tipo de sensores se muestra en la figura 7.

Figura 7. Sensores tipo radar para medición de nivel en diferentes aplicaciones.  
Flujo en canales abiertos y nivel en tanques cerrados.



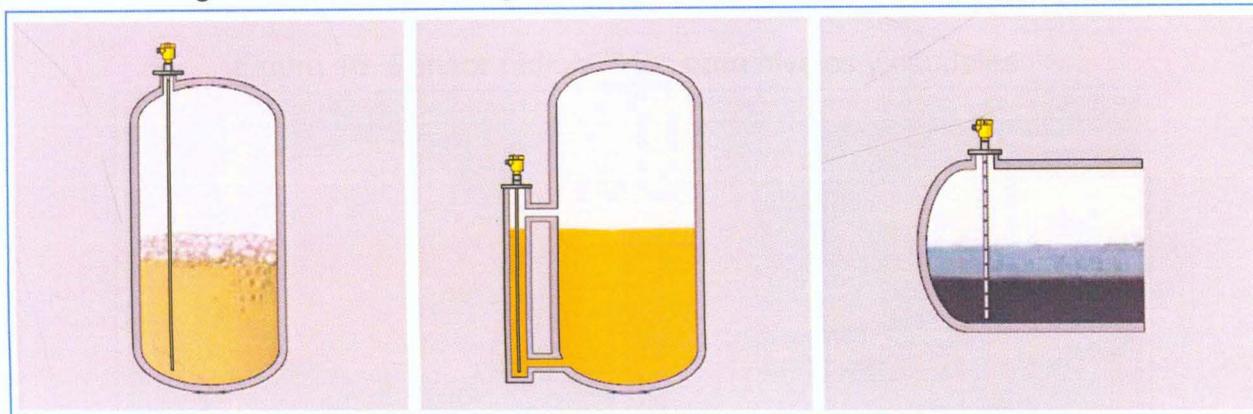
Fuente: [http://www.nagmarine.com/images/products/ohmart/radar\\_principle.png](http://www.nagmarine.com/images/products/ohmart/radar_principle.png).

Esta técnica, en comparación con la técnica de ultrasonido, no es afectada por la temperatura del medio ni por su densidad, emplea ondas electromagnéticas superiores a los 10 Ghz lo que permite obtener la diferencia entre la onda emitida y la onda que se recibe, la diferencia de frecuencia de estas ondas se traduce matemáticamente en el nivel que se está midiendo<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación industrial. 7ª edición. Madrid: Marcombo, 2008, p. 213.

- **Sensor de Radar Guiado.** Emplea el mismo principio de funcionamiento del sistema radar con la capacidad adicional de medir diferencias de densidad en un fluido, es decir, con la capacidad de diferenciar entre fluidos diferentes almacenados en el mismo contenedor. La figura 8 muestra este principio de funcionamiento.

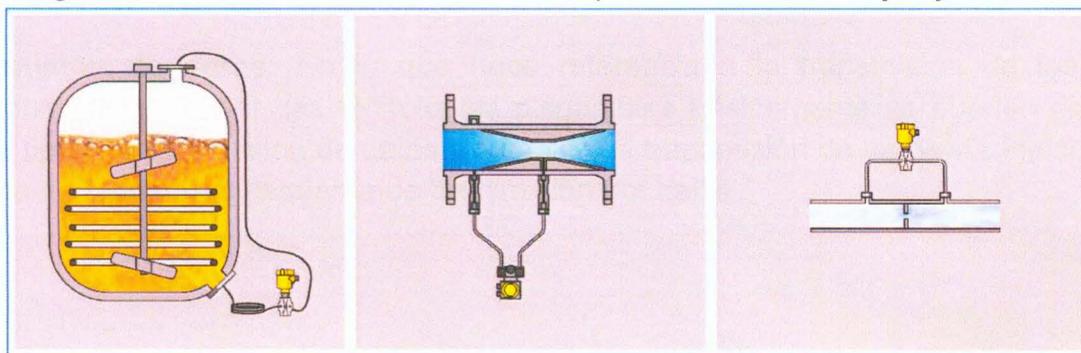
Figura 8. Sensor radar guiado para medición de fluidos disímiles.



Fuente: <https://encrypted-tbn0.google.com/images?q=tbn:ANd9GcTJLEPgpfk-4R5Xla5g8hScmHObm-1B113K5P4KIs36ehsUUwjcwQ>.

- **Sensor de Presión Diferencial.** Especialmente empleado para la medición de flujos, presiones dinámicas y presiones estáticas (nivel de llenado). Emplea los principios básicos de la mecánica de fluidos para establecer la diferencia de presiones y realizar la medición. La figura 9 muestra el esquema de funcionamiento de este tipo de sensor.

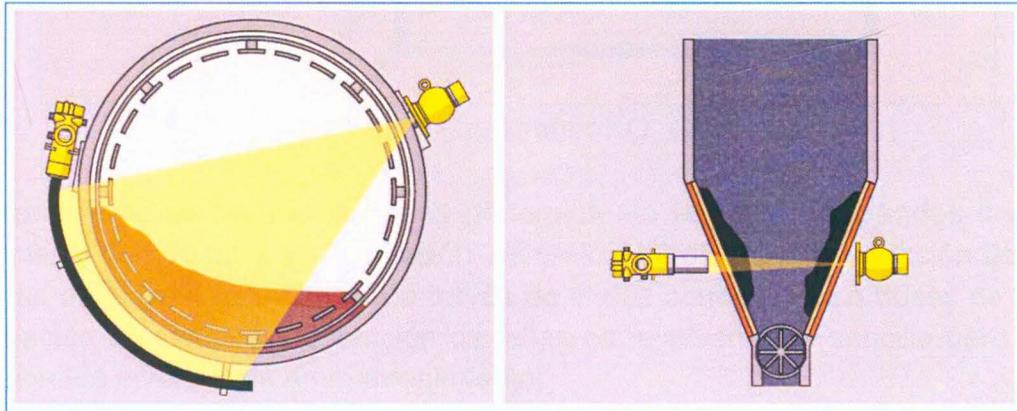
Figura 9. Sensor de Presión Diferencial para medición de flujos y niveles.



Fuente: <https://encrypted-tbn3.google.com/images?q=tbn:ANd9GcQXxRyPPISHGtblitK5kim8bEKxMD7q6gL7duw-PjsZX7YBWqmOtg>.

- **Sensor Radiométrico.** En la medición radiométrica, una fuente radiactiva de baja actividad emite rayos gamma focalizados. Un detector especial, situado en el lado opuesto del depósito, recibe la radiación. A medida que los rayos gamma son bloqueados o atenuados por el cambio de producto, el instrumento puede calcular el nivel, determinar el nivel límite, así como la densidad o caudal másico. La figura 10 muestra un esquema del funcionamiento de este tipo de sensor.

Figura 10. Sensor radiométrico para niveles y caudales.



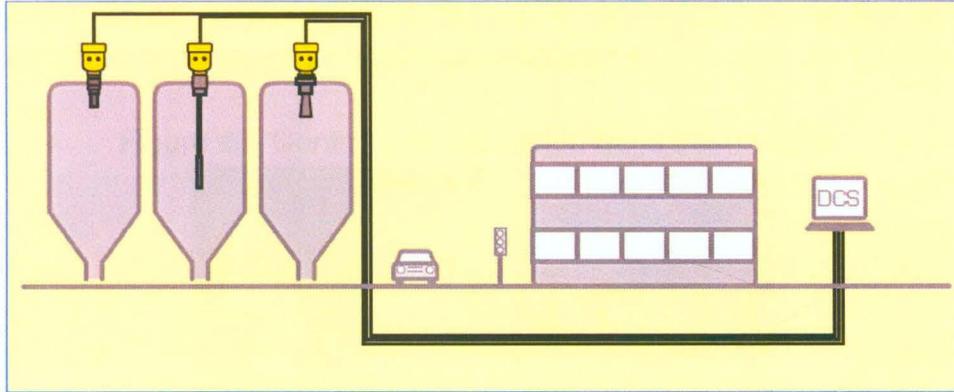
Fuente: <http://www.ferret.com.au/c/VEGA-Australia/images/Radiation-Based-Process-Measurement-Technology-from-VEGA-Australia-289312-o.jpg>.

En la medición radiométrica, los arreglos de emisor y sensor pueden ser de varios tipos, el emisor normalmente se ubica en la parte externa del contenedor y los receptores en el lado opuesto<sup>15</sup>, en la aplicación de esta tecnología se debe prestar especial cuidado al empleo de la sustancia que ha sido medida en razón a que implica el uso de radiaciones perjudiciales para la vida.

**Transmisión de datos.** En lo que hace referencia a la transmisión de los datos obtenidos por el sensor, las tecnologías disponibles básicamente se pueden clasificar en dos tipos, la transmisión de datos vía cable y la transmisión de datos vía inalámbrica, la figura 11 muestra el esquema de transmisión por cable.

<sup>15</sup> VILLALOBOS ORDAZ, *et al.* Medición y control de procesos industriales. México: Instituto Politécnico Nacional, 2010, p. 255.

Figura 11. Transmisión de datos vía cable.

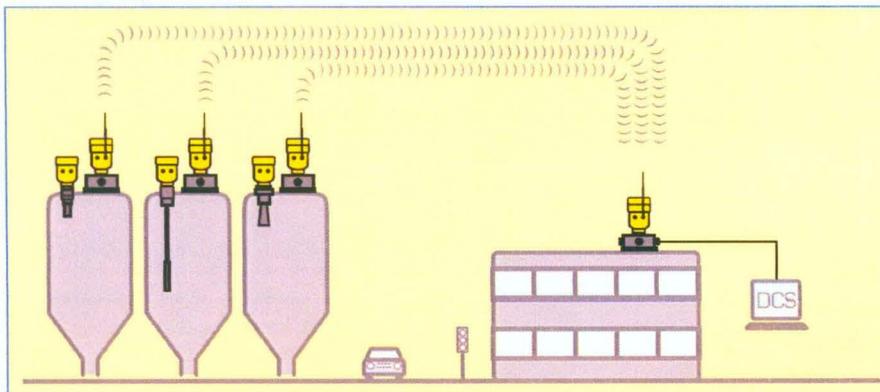


Fuente: VEGA Grieshaber KG. Germany.

El cableado físico de las instalaciones generalmente requiere de grandes inversiones económicas y tiempo para su instalación, se realiza mediante la conducción de señales analógicas de entre 4 mA y 20 mA a través de líneas conductoras o buses de datos, la comprobación de señales y detección de fallas es relativamente sencilla pero requiere de importantes inversiones en mantenimiento.

La transmisión inalámbrica, como lo muestra la figura 12, requiere de poco planeamiento y mantenimiento lo que la hace más económica, versátil y funcional. Es de gran utilidad cuando se requiere superar obstáculos, vías o construcciones, en silos o tanques de gran altura y en dispositivos móviles como los transportadores de banda. Puede complementar sistemas de cable en proyectos de renovación industrial.

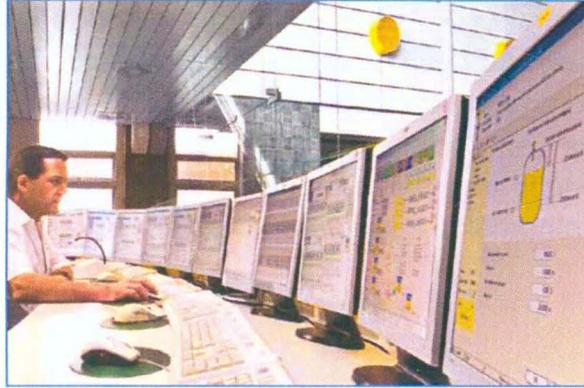
Figura 12. Transmisión de datos vía inalámbrica.



Fuente: VEGA Grieshaber KG. Germany.

**Control y visualización.** La información captada por los sensores y posteriormente transmitida vía cable o vía inalámbrica, es recibida por el centro de control y visualización del sistema como se ilustra en la figura 13.

Figura 13. Control y visualización de la información.



Fuente: VEGA Grieshaber KG. Germany.

En este centro se lleva a cabo el control de niveles de almacenamiento y de acuerdo a la tecnología de control implementada, es posible realizar ajustes de los parámetros de funcionamiento de los sensores desde allí. La visualización de la información puede ser realizada a través de una red interna o Ethernet o a través de Internet<sup>16</sup>.

En conclusión, se ha presentado la importancia estratégica que representa para la FAC la adecuada gestión del combustible de aviación y cómo el desempeño del indicador asociado afecta el cumplimiento de la misión. Igualmente se estableció el campo de la ingeniería sobre el cual se desarrollará la solución tecnológica del problema planteado y se presentó el esquema del sistema de control propuesto y sus componentes principales.

<sup>16</sup> VEGA. Comunicación en automatización de procesos. p. 11. [En línea]. Disponible en <http://www.vega.com/downloads/PR/ES/38320-ES.PDF>. [Citado el 06 de agosto de 2012].

## **4. CAPÍTULO II**

### **OFERTA NACIONAL DE TECNOLOGÍAS PARA EL CONTROL DE SISTEMAS APLICABLES A LA NECESIDAD DE LA FAC Y ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

El presente capítulo tiene como propósito determinar cuáles son las tecnologías disponibles en el país, así como las empresas que cuentan con el interés y la capacidad de ofrecer un sistema remoto de monitoreo y control de combustible para los tanques de almacenamiento de la Fuerza Aérea. Adicionalmente, se efectuará un análisis comparativo de las diferentes propuestas, para establecer cuál es la que se ajusta a los requerimientos de la FAC, con el fin de proponer su implementación.

#### **4.1. TECNOLOGÍAS UTILIZADAS EN EL PAÍS**

Con el propósito de determinar cuáles son las tecnologías disponibles y utilizadas en el país para la medición automática de los niveles de almacenamiento de combustible de aviación, se efectuaron consultas y visitas a empresas como Chevron Texaco, Organización Terpel S.A., Energizar S.A. e Ícaro 17, que actúan como distribuidores mayoristas, minoristas y/o comercializadores, dentro de la cadena de suministro de hidrocarburos en el país, así como a Ecopetrol, única empresa dedicada a la producción del combustible de aviación, entre otros hidrocarburos en Colombia.

Se pudo establecer que la tecnología que se emplea actualmente es la de radar, instalada y probada por varios años en Ecopetrol, Organización Terpel S.A., Chevron Texaco y Energizar. En el caso de Ícaro 17, se está realizando una prueba piloto para la implementación de un sistema de medición con sonda electromagnética en la planta ubicada en el aeropuerto Benito Salas de la ciudad de Neiva, siendo este el único caso en el país en el que se pretende emplear esta tecnología para la medición de niveles de almacenamiento de combustible de aviación.

Teniendo en cuenta la situación descrita anteriormente, y debido a que no es posible efectuar una comparación entre los dos tipos de tecnología disponible en el país, ya que no se cuenta aún con información del desempeño y funcionalidad de la sonda electromagnética, se propone que la solución para el sistema remoto de monitoreo y control de combustible (SRMCCA) para los tanques de almacenamiento a instalar en los complejos de la FAC, utilice la tecnología de radar descrita en el primer capítulo de este estudio.

## 4.2. ESTUDIO DE MERCADOS

Con el fin de establecer el SRMCCA a utilizar, se requiere determinar con qué alternativas se cuenta en el mercado nacional, tanto de empresas con la capacidad de llevar a cabo la venta e instalación del sistema, como de los productos que satisfagan la necesidad de la Fuerza Aérea. Para ello es necesario verificar las características técnicas, de calidad y precio, así como de tiempos de entrega y de instalación que puedan llegar a ofrecer las compañías interesadas en participar en este proceso.

La implementación del SRMCCA, se ha convertido para DICOA en una prioridad, por lo tanto es necesario que se lleve a cabo en el menor tiempo posible. Por esta razón se ha tomado la decisión que el primer sistema se instale en el complejo de combustibles de aviación del Comando Aéreo de Combate No. 1 (CACOM 1), ubicado en el municipio de Puerto Salgar departamento de Cundinamarca, aprovechando que actualmente se está desarrollando el proyecto de Construcción y Modernización de dicho complejo, mediante el contrato No. 428-00-COFAC-JOL-2011, cuyo contratista es la Unión Temporal RCH Fadul, con la interventoría de la empresa Montajes y Servicios Industriales LTDA, bajo contrato No. 429-00-COFAC-DIPLO-2011, y cuya entrega está prevista para finales del presente año.

Es importante aclarar que de acuerdo a lo manifestado por DICOA, las Fuerza Aérea cuenta actualmente con un presupuesto por valor de \$ 470.932.246,00 para la instalación del SRMCCA en CACOM-1, recursos que se adicionarán al contrato No. 428-00-COFAC-JOL-2011, una vez se tome la decisión del sistema a implementar. Esta disponibilidad presupuestal se constituye en uno de los criterios de valoración de las alternativas a ser evaluadas, por cuanto no existe disponibilidad adicional para suplir esta necesidad.

Para adelantar el proceso, la Dirección de Combustibles de Aviación autorizó en el mes de mayo de 2012, a la UT RCH Fadul, para que efectuara la requisición de cotizaciones y propuestas a diferentes empresas que contaran con la capacidad de suministrar el SRMCCA para la FAC, recomendando que se incluyera a las compañías SYZ<sup>17</sup> y CERTERIAN<sup>18</sup>, las cuales han participado y acompañado a DICOA desde que se inició el presente proyecto.

---

<sup>17</sup> SYZ Colombia SAS, es una empresa representante de fabricantes e importadora de equipos y sistemas para el manejo y control de fluidos creada en el año 2004. Cuenta dentro de sus servicios con el suministro e instalación de medidores e interruptores de nivel y volumen de líquidos y sólidos. Tomado de la oferta económica presentada por la empresa SYZ Colombia SAS.

<sup>18</sup> CERTERIAN (Sistemas Tácticos) actúa como unidad de negocios en Colombia de la empresa fabricante AROLEN y desarrolla proyectos de medición de tanques de almacenamiento de hidrocarburos y combustibles, incluyendo radares, sensores (nivel, capacidad, flujo) redes SCADA, telemetría remota y comunicación (satelital, radio, GSM) para centralizar la información

Como resultado del estudio de mercados, en el mes de julio de 2012 la UT RCH Fadul entrega a la Dirección de Combustibles de Aviación cotizaciones de cuatro (04) compañías interesadas en participar en este proyecto, en las cuales se especifican las condiciones técnicas y económicas de los sistemas de medición automática que ofrecen. Dichas ofertas se pueden observar en los anexos B al E del presente estudio. Las empresas que presentaron oferta son: Certerian / Arolen S.A, Insurcol Ltda<sup>19</sup>., SYZ Colombia S.A.S. y CPR Ltda<sup>20</sup>. (Colombian Petroleum Resource).

Es importante aclarar, que de acuerdo con la verificación efectuada por la empresa contratista que está efectuando la modernización del complejo de combustibles de CACOM-1 y por la empresa que está efectuando la interventoría, basados en su conocimiento y experiencia en el área de sistemas de combustible de aviación, los sistemas ofrecidos por las cuatro compañías mencionadas anteriormente se ajustan a los requerimientos de la FAC y cuentan con las condiciones técnicas para satisfacer la necesidad puntual de medir en tiempo real y de forma automática las existencias del combustible de aviación almacenado en los tanques ubicados en las Unidades Aéreas.

En la tabla 5, se muestran las empresas participantes del proceso y la tecnología empleada en los sistemas de medición automática ofrecidos por cada una de ellas.

---

geográficamente dispersa de unidades de almacenamiento a nivel nacional. Tomado de la oferta económica presentada por la empresa CERTERIAN.

<sup>19</sup> INSURCOL LTDA es una Compañía Colombiana, legalmente establecida, fundada el 18 de Agosto de 1988. Cuenta con cuatro líneas principales de Productos y Servicios: División de Instrumentación y Control, División Energética, División de Desarrollo de Proyectos y División Metalúrgica. Estas divisiones son soportadas por departamentos de compras y construcción. Ostenta una amplia trayectoria en el Suministro, Instalación, Capacitación y Mantenimiento de Sistemas de Control e Instrumentación Electrónica, Sistemas Ininterrumpidos de Potencia (UPS) y Equipos y Elementos de tipo Industrial. [En línea]. Disponible en <http://www.insurcol.com/index.htm>. [Citado el 2 de agosto de 2012].

<sup>20</sup> COLOMBIAN PETROLEUM RESOURCES CPR, es una empresa orgullosamente Colombiana, que cuenta con más de 22 años de experiencia en la prestación de servicios y el suministro de tecnología para el sector de hidrocarburos en Colombia. Somos especialistas en sistemas y equipos de medida para tanques de almacenamiento, además de ser representantes exclusivos para Colombia de equipos de telemetría ROSEMOUNT desde 1988. [En línea]. Disponible en <http://www.cprltda.com.co/>. [Citado el 2 de agosto de 2012].

Tabla 5. Empresas participantes en el estudio de mercados y tecnología empleada en el sistema de control ofrecido.

EMPRESA PARTICIPANTE ESTUDIO MERCADOS	SISTEMA OFRECIDO
<p><b>SYZ</b>  <a href="http://www.syz.com.co">www.syz.com.co</a>                      Contacto: Tatiana Cuellar                      Tels: (1) 7433799 - (3) 317-6564146</p>	 LEVEL MEASUREMENT SOLUTIONS <a href="http://www.hycontrol.com">www.hycontrol.com</a>
<p><b>CERTERIAN / AROLEN SA</b>  <a href="http://www.certerian.com">www.certerian.com</a>                      Contacto: CR Luis G. Cancino                      Tels: (1) 2362966 Ext. 507 (3) 320-4891594</p>	 <a href="http://www.vegacontrols.co.uk">www.vegacontrols.co.uk</a>
<p><b>INSURCOL</b>  <a href="http://www.insurcol.com">www.insurcol.com</a>                      Contacto: Angel Fernando Rodriguez                      Tels (1) 2854240 (3) 311-8533898</p>	 <a href="http://www.honeywellenraf.com">www.honeywellenraf.com</a>
<p><b>Colombian Petroleum Resources CPR LTDA</b>  <a href="http://www.cprltda.com">www.cprltda.com</a>                      Contacto: Jairo Quintero                      Tels (1) 2103121 (3) 316-3584696</p>	 Process Management <a href="http://www.rosemount-tg.com">www.rosemount-tg.com</a>

Fuente: Dirección de Combustibles de Aviación (DICOA)

### 4.3. COMPARACIÓN DE OFERTAS

Con el propósito de seleccionar la oferta más conveniente para la implementación del SRMCCA, y partiendo de que los sistemas ofrecidos satisfacen la necesidad de la FAC, se hace necesario efectuar un análisis comparativo de las diferentes propuestas entregadas por la UT RCH Fadul. Para este propósito se efectuará una primera evaluación de carácter habilitante que tiene como fin verificar que la disponibilidad presupuestal cubre el costo de la solución ofrecida, el resultado de esta primera verificación se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Verificación presupuestal de las ofertas presentadas.

EMPRESA (TECNOLOGÍA)	VALOR TOTAL DE LA SOLUCIÓN	DISPONIBILIDAD PRESUPUESTAL	DIFERENCIA	OBSERVACIÓN
CERTERIAN (VEGA)	\$ 446.710.054,97	\$ 470.932.246,00	\$ 24.222.191,03	SE AJUSTA
INSURCOL (HONEYWELL)	\$ 492.028.667,37	\$ 470.932.246,00	-\$ 21.096.421,37	NO SE AJUSTA
SYZ (HYCONTROL)	\$ 315.664.475,82	\$ 470.932.246,00	\$ 155.267.770,18	SE AJUSTA
CPR LTDA (EMERSON-ROSEMOUNT)	\$ 574.492.167,05	\$ 470.932.246,00	-\$ 103.559.921,05	NO SE AJUSTA

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla, dos de las cuatro soluciones presentadas superan la disponibilidad presupuestal de la FAC y por lo tanto no son habilitadas para realizar la evaluación técnica.

Para llevar a cabo la siguiente etapa de la evaluación, se establecen y ponderan los criterios de carácter técnico a los cuales deben ser sometidas las propuestas de solución habilitadas en la etapa previa, dichas propuestas son las presentadas por las empresas CERTERIAN y SYZ Colombia SAS.

#### **4.3.1. Criterios de evaluación técnica**

Los criterios de evaluación técnica y su ponderación se establecieron entre la Dirección de Combustibles de Aviación y los autores del presente estudio; dichos criterios fueron establecidos buscando factores diferenciadores entre las alternativas, dando puntajes a cada criterio, con el fin de realizar una valoración objetiva de las propuestas, que sustente la selección de una de ellas.

**Confiabilidad de la operación.** Hace referencia al funcionamiento del SRMCCA, de tal manera que se garantice su operación las 24 horas, sin importar las condiciones a las que se vea sometido, tales como ambientales, ubicación geográfica del complejo de combustibles y características del producto a medir, entre otras. De acuerdo al presente análisis, un mayor nivel de confiabilidad será valorado con un mayor puntaje en la evaluación técnica de la solución propuesta.

**Exactitud en la medición.** Se refiere al grado de incertidumbre intrínseco del instrumento de medición respecto a la medida real del contenido en el tanque, haciendo que un sistema sea más exacto que otro en la medida que esta incertidumbre sea menor, en otros términos se puede decir que es el margen de error asociado a la medida por cada sistema. De acuerdo al presente análisis, un menor margen de error será valorado con un mayor puntaje en la evaluación técnica de la solución propuesta.

**Requerimientos de mantenimiento directo.** Este criterio corresponde a las necesidades y frecuencia de operaciones de mantenimientos que requiere el sistema, una vez instalado y puesto en operación. De acuerdo al presente análisis, un menor requerimiento de mantenimiento en frecuencias y complejidad será valorado con un mayor puntaje en la evaluación técnica de la solución propuesta.

**Requerimientos para la implementación.** Este criterio comprende los requisitos técnicos, de obras civiles y condiciones especiales necesarias para la instalación y puesta en marcha del sistema. De acuerdo al presente análisis, un menor requerimiento para la implementación, será valorado con un mayor puntaje en la evaluación técnica de la solución propuesta.

**Experiencia en Colombia.** Es importante verificar que el sistema ya esté siendo utilizado en el país por empresas que hagan parte de la cadena de hidrocarburos a nivel nacional, específicamente dedicadas a producción, almacenamiento, distribución, comercialización y/o transporte de combustible de aviación. Se asignará puntaje en la medida en que el sistema esté siendo utilizado al menos por una de las empresas que hacen parte de dicha cadena en Colombia, de lo contrario no.

**Interfaz con el sistema SAP.** Teniendo en cuenta que el sistema de información logístico utilizado actualmente por el sector defensa a nivel nacional es el SAP, se requiere que el SRMCCA cuente con la posibilidad de migrar la información a dicha plataforma en tiempo real. De acuerdo al presente análisis, una mayor facilidad de interfaz con SAP, será valorado con un mayor puntaje en la evaluación técnica de la solución propuesta.

#### 4.3.2. Ponderación de criterios de evaluación

Una vez establecidos los criterios, se asigna un margen de valoración o ponderación para aplicar a las propuestas habilitadas como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Ponderación criterios de evaluación técnica.

CRITERIO	PONDERACIÓN	
	MÁXIMO	MÍNIMO
CONFIABILIDAD EN LA OPERACIÓN	10	1
EXACTITUD EN LA MEDIDA	10	1
REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO DIRECTO	5	1
REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN	5	1
EXPERIENCIA EN COLOMBIA	5	1
INTERFAZ CON SISTEMA SAP	5	1

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los valores presentados en la tabla, la calificación máxima posible a ser obtenida por una propuesta de solución será de 40 puntos, en tanto que el valor mínimo

posible será de 6 puntos. Se entenderá por ganadora la propuesta de solución que obtenga el mayor puntaje.

#### 4.4. EVALUACIÓN TÉCNICA DE LAS OFERTAS HABILITADAS

Una vez definidos los criterios de evaluación y su respectiva ponderación, se lleva a cabo la evaluación técnica de las propuestas habilitadas con el propósito de determinar cuál es la opción más conveniente para la implementación del SRMCCA en la Fuerza Aérea. Para ello se estructuró la matriz que se presenta en la tabla 8, en la cual se asignó puntaje a cada una de las posibles soluciones habilitadas, con base en la incidencia de cada criterio.

Tabla 8. Evaluación técnica de las ofertas habilitadas.

CRITERIO	UNIDAD	OFERENTE					
		CERTERIAN (VEGA)			SYZ (HYCONTROL)		
		VALOR	PUNTOS	OBSERVACIONES	VALOR	PUNTOS	OBSERVACIONES
CONFIABILIDAD EN LA OPERACIÓN	%	100%	10	LITERAL C OFERTA ROBUSTES DEL SISTEMA	100%	10	CATÁLOGO
EXACTITUD EN LA MEDIDA	mm	+ - 2 mm	10	CATÁLOGO	+ - 3 mm	7	OFERTA PÁGINA 3
REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO DIRECTO	COMPLEJIDAD	BAJA	5	LITERAL F OFERTA MANTENIMIENTO	BAJA	5	CATÁLOGO
REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN	COMPLEJIDAD	BAJA	5	LITERAL D OFERTA IMPLEMENTACIÓN	BAJA	5	CATÁLOGO
EXPERIENCIA EN COLOMBIA	SI/NO	SI	5	LITERAL H OFERTA 20 AÑOS EN COLOMBIA / 50 AÑOS FABRICANTE (HALLIBURTON, PETROBRAS, ECOPEPETROL, SCHLUMBERGER)	SI	5	PÁGINA WEB 8 AÑOS EN COLOMBIA / TECNOLOGIA USADA POR MANSAROVAR EN COLOMBIA
INTERFAZ CON SISTEMA SAP	SI/NO	SI	5	OFERTA SISTEMA SIL 2	SI	5	OFERTA CONEXIÓN CON SAP A TRAVES DE PLC Y SUPERVISOR SENSYS
<b>PUNTAJE TOTAL</b>			<b>40</b>			<b>37</b>	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la evaluación técnica mostrada en la tabla 8, la propuesta que satisface las necesidades de la Fuerza Aérea y que presenta un mejor comportamiento respecto a los criterios de evaluación es la empresa CERTERIAN/AROLEN S.A, que ofrece el sistema de radar de marca VEGA, que obtiene un total de 40 puntos, sobre un máximo de 40. Por esta razón, se propone que sea este sistema el que se implemente en los

complejos de la Fuerza Aérea para la medición automática de los niveles de almacenamiento de combustible de aviación.

#### 4.5. ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO DE LA SOLUCIÓN SELECCIONADA

Con el propósito de establecer la relación de costo – beneficio, así como el tiempo de la recuperación de la inversión que realice la FAC para la adquisición, instalación y entrada en operación del SRMCCA seleccionado, es necesario determinar cuál es el ahorro que se alcanza, si el nivel de almacenamiento de combustible de aviación se controla mediante el sistema de radar VEGA. Para ello se analizan comparativamente las máximas tolerancias en la precisión de la medida del método manual actual y del sistema propuesto. Mencionado análisis se realiza con base en el stock promedio que se ha registrado en el complejo de combustibles de aviación de CACOM-1 durante lo corrido del año. Los cálculos correspondientes se presentan en la tabla 9.

Tabla 9. Análisis costo/beneficio solución seleccionada.

	SISTEMA	
	ACTUAL (REGLA METRICA)	RADAR VEGA
PRECISION EN MEDICION	0,05%	0,017%
STOCK PROMEDIO CACOM-1 2012 (GALONES)	208.305	208.305
ERROR MAXIMO PERMITIDO EN MEDICION (GALONES)	104	35
DIAS DE MEDICION AL AÑO	365	365
TOTAL ERROR AÑO (GALONES)	38.016	12.775
VALOR PROMEDIO GALON 2012	\$ 8.421	\$ 8.421
PERDIDA ANUAL POR ERROR MEDICION AÑO (\$)	\$ 320.129.894	\$ 107.578.275
AHORRO ANUAL ALCANZAD CON SISTEMA VEGA (\$)	\$ 212.551.619	
VALOR SISTEMA VEGA	\$ 446.710.055	
TIEMPO RECUPERACION INVERSIÓN (AÑOS)	2,10	

Fuente: Dirección Combustibles de Aviación – Cálculos autores

Los criterios que se tuvieron en cuenta para efectuar los cálculos presentados en la tabla 9 fueron los siguientes:

- La exactitud permitida en los sistemas de medición son: 0,05% para la medición manual de acuerdo con la información suministrada por DICOA y 2 mm (0.017% para la medición en CACOM-1), para el Radar VEGA, de acuerdo con la información técnica de la propuesta.
- El stock promedio de combustible en CACOM-1, entre enero y mayo de 2012, es de 208.305 galones.

- El error máximo permitido en la medición diaria, de acuerdo con la precisión de cada sistema es de 104 galones para la medición manual y 35 galones para el radar VEGA, lo que equivale a 30.016 galones y 12.775 galones anuales, respectivamente.
- Con ese error promedio anual de cada sistema y con un costo por galón de combustible de \$8.421 pesos proyectado por DICOA para 2012, se presentaría una pérdida total al año por error de medición de \$ 320.129.894 millones, para la medición manual y \$ 107.578.275 millones, para el radar VEGA; lo que representa un ahorro anual de \$ 212.551.619 millones de pesos.
- Con el valor del radar VEGA (\$ 446.710.055) y teniendo en cuenta el ahorro alcanzado al instalar el sistema VEGA, la FAC recuperaría la inversión en 2,1 años, es decir en 25 meses.

Con el resultado del análisis anterior que indica que la Fuerza Aérea recuperaría la inversión de implementar el sistema VEGA en CACOM-1, en 25 meses, y con los beneficios que este SRMCCA brinda para el control de los niveles de almacenamiento de combustible desde el momento de su puesta en operación, en cuanto a confiabilidad y oportuna disponibilidad de la información para la toma de decisiones logísticas y operacionales, se recomienda llevar a cabo su adquisición e instalación en lo que resta del presente año.

## 5. CAPÍTULO III

### PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN EN LA FAC DE LA TECNOLOGÍA SELECCIONADA – PLAN DE ACCIÓN

Con la realización del presente capítulo se pretende estructurar el programa de implementación del SRMCCA para la FAC, alineándolo con las iniciativas estrategias 2012 – 2030 de la Dirección de Combustibles de Aviación, proyectando los costos y las erogaciones presupuestales a que haya lugar, priorizando la instalación del sistema en las diferentes Unidades Aéreas, con base en la capacidad de almacenamiento y los volúmenes de consumo.

#### 5.1. ALINEACIÓN DEL PROYECTO CON EL PLAN ESTRATÉGICO INSTITUCIONAL

Teniendo en cuenta que en el presente proyecto se ha contemplado la instalación del SRMCCA en el complejo de combustibles de aviación de CACOM-1 durante lo que resta del presente año, el programa de implementación que se propone abarca los nueve complejos restantes en un lapso de tiempo de cuatro años a partir de 2013, alineándolo con lo aprobado en las Iniciativas Estratégicas 2012 – 2030 de la Dirección de Combustibles de Aviación, como se puede apreciar en la tabla 10, el proyecto de instalación del SRMCCA para la FAC, se deriva del objetivo de la Fuerza que es **Desarrollar y mantener el sistema logístico** y de la iniciativa de la Jefatura de Operaciones Logísticas Aeronáuticas **Modernización del Soporte para el Combate**, que se describe como “Renovar y mejorar los medios y sistemas a través de los cuales se provee soporte logístico a las unidades operacionales para el desarrollo de las misiones de combate asignadas”<sup>21</sup>. Dentro de dicha iniciativa se cuenta con un programa aprobado para DICOA que es “construcción y modernización a la infraestructura de los sistemas de combustible de aviación de la FAC”<sup>22</sup>, con diferentes actividades dentro de las que se encuentra la “Medición automática en los sistemas de almacenamiento de combustible de aviación en las unidades aéreas”<sup>23</sup>

---

<sup>21</sup> JEFATURA DE OPERACIONES LOGÍSTICAS AERONÁUTICAS. Iniciativas Estratégicas 2012 – 2030., p. 15.

<sup>22</sup> Ibid., p. 16.

<sup>23</sup> Ibid., p. 16.

Tabla 10. Ficha Técnica de Iniciativas Estratégicas.

**FUERZA AEREA COLOMBIANA**  
**FICHA TÉCNICA DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS**

OBJETIVO	INICIATIVA	DESCRIPCIÓN	ALCANCE	FRECUENCIA SEGUIMIENTO	UNIDAD DE MEDIDA	RESPONSABLE
Desarrollar y Mantener el Sistema Logístico	Modernización Soporte para el Combate	Renovar y mejorar los medios y sistemas a través de los cuales se provee soporte logístico a las unidades operacionales para el desarrollo de las misiones de combate asignadas.	Comprende a la Jefatura de Operaciones Logísticas Aeronáuticas y las Unidades Aéreas FAC.	Trimestral	PESOS	JOL

**CRONOGRAMA**

ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN	PRODUCTO ESPERADO	RESPONSABLE	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	RECURSOS: RRHH Financiero Logístico (infraestructura)
1. CONSTRUCCION Y MODERNIZACION A LA INFRAESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS DE COMBUSTIBL DE AVIACION DE LA FAC	Modernizar los sistemas de almacenamiento de combustibles de aviación del las unidades aéreas, ampliando su capacidad y cumpliendo con las normas técnicas para el manejo de este producto	Mayor capacidad de almacenamiento y cumplimiento de normas técnicas.	DICOA	01/01/2012	31/12/2030	\$89.583.249.973
MEDICIÓN AUTOMÁTICA EN LOS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE DE AVIACIÓN EN LAS UNIDADES AÉREAS	Instalación de sensores de medición automática de niveles de tanque para visualización de existencias en tiempo real.	NIVEL DE COMBUSTIBLE EN TIEMPO REAL	DICOA	01-ene-13	31/12/2016	\$11.589.249.973

Fuente: Dirección de Combustibles de Aviación

La tabla muestra entonces las iniciativas estratégicas aprobadas y los recursos destinados para su implementación, la cual se espera se inicien en el año 2013 y concluyan con el último complejo modernizado en el año 2016.

## 5.2. PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

Como se pudo evidenciar, la implementación del SRMCCA cuenta con aprobación por parte de la Jefatura de Operaciones Logísticas Aeronáuticas al ser parte de las iniciativas estratégicas 2012 – 2030, y así mismo, se verificó la viabilidad técnica y económica de dicho proyecto, por lo tanto es necesario establecer el programa de instalación del sistema en los complejos de las Unidades Aéreas, durante los cuatro años en que se estima su desarrollo. Para definir el orden en que se propone la implementación del SRMCCA en los complejos de combustible, se tienen en cuenta dos criterios fundamentales que son:

- **Realización de trabajos de construcción y modernización en el complejo.** Para aprovechar la ejecución de obras de infraestructura en el mismo y facilitar la entrega del complejo cumpliendo a cabalidad la normatividad técnica, ambiental y de seguridad vigente, junto con un sistema moderno de control de inventarios. La tabla 11, que se muestra se deriva de la tabla 10, **Ficha técnica de las iniciativas estratégicas** y muestra los complejos que entrarán a modernización en los próximos años.

Tabla 11. Cronograma de Modernización de Complejos.

UNIDAD	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
CACOM-1																			
CACOM-2		1ª. FASE																	
CACOM-4																			
CACOM-2					2ª. FASE														
GAAMA																			
GACAS																			
CAMAN																			
CATAM																			
CACOM-5																			
CACOM-6																			
GAORI																			
Escuela de helicópteros																			
Medición automática																			

Fuente: Dirección Combustibles de Aviación

Como se observa en la tabla 11, los complejos que serán modernizados durante los cuatro años (2013 – 2016) en que se prevé la instalación del SRMMCA son: CACOM-2 en 2013 y CACOM-4 en 2016, por ello es necesario que en esos años se les instale el sistema a mencionados complejos de combustible.

- **Consumo promedio de combustible en el complejo.** Debido a que a mayor rotación del producto, es necesario un mayor control de los inventarios y la visualización

en tiempo real y con exactitud de los niveles de stock del producto. En la tabla 12, se puede observar el consumo promedio mensual, que se ha presentado en los complejos de combustible de aviación de la FAC en el periodo 2011 y lo corrido de 2012.

Tabla 12. Consumo promedio mensual complejos de combustible.

CONSUMO PROMEDIO MES (GL)	UNIDAD									
	CACOM-1	CACOM-2	CACOM-3	CACOM-4	CACOM-5	CACOM-6	CAMAN	CATAM	EMAVI	GAORI
	180.000	150.000	150.000	60.000	40.000	25.000	10.000	350.000	70.000	20.000

Fuente: Dirección Combustibles de Aviación

Las unidades que aparecen sombreadas en color verde en la tabla 12, corresponden al complejo que está siendo modernizado actualmente y que tendrá instalado el SRMCCA en 2012 (CACOM-1) y los que se modernizarán incluyendo la instalación del SRMCCA entre 2013 y 2016 (CACOM-2 y CACOM-4). En los demás se instalará el sistema teniendo en cuenta la prioridad de consumo promedio, dependiendo de dónde se registren los más altos, como es el caso de CATAM, CACOM-3 y EMAVI, cuyas modernizaciones ya se efectuaron en años anteriores.

De acuerdo con los criterios expuestos anteriormente y con base en el análisis de la información presentada, la programación para la instalación de los SRMCCA que se propone en los complejos de combustible de aviación de la Fuerza Aérea, se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Programación instalación SRMCCA en las Unidades Aéreas.

UNIDAD	2012	2013	2014	2015	2016
CACOM-1					
CACOM-2					
CATAM					
CACOM-3					
EMAVI					
CACOM-5					
CACOM-6					
GAORI					
CACOM-4					
CAMAN					

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla, los recursos necesarios para la implementación del sistema serán apropiados con base en los criterios de programación descritos anteriormente.

### 5.3. PROYECCIÓN DE COSTOS Y PLAN DE EROGACIONES PRESUPUESTALES

Dentro de las características cualitativas de la Contabilidad Pública Colombiana, en lo concerniente a la información contable, se establece:

La información contable pública está orientada a satisfacer con equidad las necesidades informativas de sus usuarios reales y potenciales, quienes requieren que se desarrolle observando las características cualitativas de confiabilidad, relevancia y comprensibilidad. Las características cualitativas que garantizan la confiabilidad son la razonabilidad, la objetividad y verificabilidad; con la relevancia se asocian la oportunidad, la materialidad y la universalidad; y con la comprensibilidad se relacionan la racionalidad y la consistencia.<sup>24</sup>

Se puede apreciar la importancia que tiene la oportunidad en la información para las entidades estatales de la tal manera que la misma legislación la exige, la Fuerza Aérea requiere con suma urgencia tener la capacidad de influir a tiempo sobre la acción, los objetivos y las decisiones que toma el alto mando, la disponibilidad en estos términos es importante siempre y cuando permita mediar la eficiencia y eficacia de la Institución en sus procesos.

De igual forma la razonabilidad en la información contable pública, cobra importancia con la implementación del sistema remoto de monitoreo y control de combustible de aviación para los tanques de almacenamiento de la Fuerza Aérea Colombiana, toda vez que esta herramienta permitirá reflejar en los estados financieros el gasto del combustible de una manera más ajustada a la realidad.

El gobierno actual liderado por el señor Presidente Santos apoya directamente líneas estratégicas como la que impulsa este trabajo investigativo, toda vez que es una prioridad la calidad en la información contable, razón por la cual se realizó el documento denominado Avances en la Contabilidad Pública<sup>25</sup> en noviembre de 2011, liderado por la Contaduría General de la Nación con la intervención del señor Presidente Santos, como evidencia de esta afirmación se cita el presente párrafo de uno de los temas tratados en dicho documento.

<sup>24</sup> CONTADURÍA GENERAL DE LA NACIÓN. Régimen de Contabilidad Pública, Plan General de Contabilidad Pública. 2007, p. 28.

<sup>25</sup> CONTADURÍA GENERAL DE LA NACIÓN. Textos de Contabilidad Pública no. 8 "Avances en Contabilidad Pública". [En línea]. Disponible en <http://www.contaduria.gov.co/wps/wcm/connect/95bd60d6-c1a1-481a-95ac-45101174e282/Avances+en+Contabilidad+Pública.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=95bd60d6-c1a1-481a-95ac-45101174e282>. [Citado el 06 de agosto de 2012].

La contabilidad como uno de los principales sistemas de información, cuyo propósito es la preparación de información contable de calidad, caracterizada por ser confiable, relevante y comprensible, releja el camino recorrido por una entidad desde su inicio, como resultado de las políticas adoptadas por sus gestores y además se constituye en una excelente base de información para elaborar proyecciones y predecir la tendencia futura de la misma; es por esto que la contabilidad va más allá del proceso de creación de registros e informes<sup>26</sup>.

Por su parte, la proyección de costos y plan de erogaciones presupuestales establecido para la implementación de esta iniciativa estratégica se presentan en las tablas 14 y 15.

Tabla 14. Proyección de costos para la implementación de la solución seleccionada.

UNIDAD FAC		CACOM2 /CATAM	CACOM3 /EMAVI	CACOM5- 6/GAORI	CACOM4 /CAMAN	TOTAL
DESCRIPCIÓN	RUBRO	2013	2014	2015	2016	
Equipo remoto de monitoreo y control para combustible de aviación	OTRAS COMPRAS DE EQUIPO 204-1-25-10	1.474.143.182	1.621.557.500	2.735.026.984	1.644.979.997	7.475.707.663

Fuente: elaboración propia.

Las tablas 14 y 15 establecen los datos requeridos para inscribir en el Proyecto de Presupuesto de cada vigencia fiscal, la necesidad de los recursos con cargo al Presupuesto General de la Nación, información que debe contener el rubro presupuestal, el monto por mes y por año ( Plan Anualizado de Caja), así como el tipo de contratación que para este caso es la Licitación Pública y la descripción exacta del bien a comprar, lo anterior con el fin de planear la disponibilidad de los recursos que autoriza la Nación a través del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, en concordancia con los plazos de pago establecidos contractualmente entre el Proveedor y la Nación ( Ministerio de Defensa Nacional – Fuerza Aérea Colombiana).

De acuerdo a la Resolución No. 039 del 23 de julio 2009, expedida por el Director General del Presupuesto Público Nacional del Ministerio de Hacienda y Crédito Público colombiano, se determina en su objeto:

Artículo 1º. Objeto. Adoptar el Plan de Cuentas para la desagregación del detalle del Anexo del Decreto de Liquidación del Presupuesto General de la

<sup>26</sup> BENAVIDES LEGARDA, María Eugenia. Textos de Contabilidad Pública No. 8 "Avances en Contabilidad Pública, Utilidad de la Información Contable en la Construcción de las Estadísticas de las Finanzas Públicas. [En línea]. Disponible en <http://www.contaduria.gov.co/wps/wcm/connect/95bd60d6-c1a1-481a-95ac-45101174e282/Avances+en+Contabilidad+Pública.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=95bd60d6-c1a1-481a-95ac-45101174e282>. [Citado el 06 de agosto de 2012].

Nación, correspondiente a las cuentas de Gastos de Personal y Gastos Generales.

Artículo 2º. Desagregación de los Gastos de Personal y de los Gastos Generales: Al representante legal de cada uno de los órganos que hacen parte del Presupuesto General de la Nación, o a quien éste delegue, le corresponde desagregar las apropiaciones que contienen las cuentas de Gastos de Personal y de Gastos Generales como mínimo al siguiente nivel de los rubros del detalle del anexo de gastos del Decreto de Liquidación, de acuerdo con el siguiente plan de cuentas<sup>27</sup>.

Tabla 15. Plan Anualizado de Caja PAC para la implementación de la solución en las bases de la FAC.

DESCRIPCIÓN	TOTAL	ENE-13	FEB-13	MAR-13	ABR-13	MAY-13	JUN-13	JUL-13	AGO-13	SEP-13	OCT-13	NOV-13	DIC-13
OTRAS COMPRAS DE EQUIPO 204-1-25-10	1.474.143.182	-	737.071.591	-	-	-	-	-	-	737.071.591	-	-	-
CACOM 2	818.968.434	-	409.484.217	-	-	-	-	-	-	409.484.217	-	-	-
CÁTAM	655.174.748	-	327.587.374	-	-	-	-	-	-	327.587.374	-	-	-
DESCRIPCIÓN	TOTAL	ENE-14	FEB-14	MAR-14	ABR-14	MAY-14	JUN-14	JUL-14	AGO-14	SEP-14	OCT-14	NOV-14	DIC-14
OTRAS COMPRAS DE EQUIPO 204-1-25-10	1.621.557.500	-	810.778.750	-	-	-	-	-	-	810.778.750	-	-	-
CACOM 3	720.692.222	-	360.346.111	-	-	-	-	-	-	360.346.111	-	-	-
EMAVI	900.865.278	-	450.432.639	-	-	-	-	-	-	450.432.639	-	-	-
DESCRIPCIÓN	TOTAL	ENE-15	FEB-15	MAR-15	ABR-15	MAY-15	JUN-15	JUL-15	AGO-15	SEP-15	OCT-15	NOV-15	DIC-15
OTRAS COMPRAS DE EQUIPO 204-1-25-10	2.735.026.984	-	1.367.513.492	-	-	-	-	-	-	1.367.513.492	-	-	-
CACOM 5	396.380.722	-	198.190.361	-	-	-	-	-	-	198.190.361	-	-	-
CACOM 6	1.744.075.178	-	872.037.589	-	-	-	-	-	-	872.037.589	-	-	-
GAORI	594.571.083	-	297.285.542	-	-	-	-	-	-	297.285.542	-	-	-
DESCRIPCIÓN	TOTAL	ENE-16	FEB-16	MAR-16	ABR-16	MAY-16	JUN-16	JUL-16	AGO-16	SEP-16	OCT-16	NOV-16	DIC-16
OTRAS COMPRAS DE EQUIPO 204-1-25-10	1.644.979.997	-	822.489.999	-	-	-	-	-	-	822.489.999	-	-	-
CACOM 4	990.951.806	-	495.475.903	-	-	-	-	-	-	495.475.903	-	-	-
CAMAN	654.028.192	-	327.014.096	-	-	-	-	-	-	327.014.096	-	-	-
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>7.475.707.663</b>	<b>-</b>	<b>3.737.853.831</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>3.737.853.831</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Fuente: Elaboración propia.

Estos artículos determinan la distribución de los rubros presupuestales al máximo nivel de desagregación del gasto, con el fin de tener el control adecuado sobre las apropiaciones presupuestales a través del SIIF Nación II (Sistema Integrado de Información Financiera), de aquí nace la selección del tipo de gasto por el cual se deben apropiar los recursos descritos anteriormente y el rubro presupuestal para el desarrollo y materialización de la estrategia en comento, así: Tipo de gasto: Funcionamiento, Cuenta: 2 – Gastos Generales, Subcuenta: 0, Objeto del gasto: 4 –

<sup>27</sup> MINISTERIO DE HACIENDA Y CREDITO PUBLICO. Dirección General del Presupuesto Público. Resolución No.035 de 23 julio de 2009, p. 1. [En línea]. Disponible en <http://www.cns.gov.co/docs/resolucion035de2009minhacienda.pdf> [Consultado el 06 de agosto de 2012].

Adquisición de bienes y servicios, Ordinal: 1 – Compra de Equipo, Subordinal 25 – Otras compras de equipo.

De la información presentada en este capítulo, se concluye que la implementación de la solución seleccionada está garantizada por cuanto hace parte de las iniciativas estratégicas proyectadas por DICOA y aprobadas por JOL para contribuir al desarrollo y mantenimiento del sistema logístico de la FAC, de igual manera las erogaciones presupuestales requeridas han sido previstas por el sistema financiero de la Fuerza y el procedimiento para la ejecución de los recursos está soportado en la normativa que regula el gasto público en Colombia.

## **6. CAPÍTULO IV MATERIAL Y MÉTODOS**

Con el desarrollo del presente capítulo, se establecerán las herramientas empleadas para la recolección de información, análisis de la misma y enfoque investigativo dado al presente estudio. Se presenta la información y las fuentes para posterior consulta y verificación por parte del lector o posteriores estudios de profundización en la temática desarrollada.

### **6.1. FUENTES DE INFORMACIÓN Y MÉTODOS DE RECOLECCIÓN**

Como se mencionó en el cuerpo de este documento, gran parte de la información relacionada con los sistemas de control y particularmente con las tecnologías que están siendo empleadas en el país por los actores de la cadena logística de hidrocarburos y específicamente para el monitoreo y control del combustible de aviación, fue recopilada a través de visitas técnicas en campo a reconocidas empresas como Ecopetrol, Chevron, Terpel, Energizar, entre otras, en donde en entrevistas directas con los jefes de proceso y operaciones, se establecieron las características óptimas para la implementación de un sistema de monitoreo y control confiable y accesible tecnológicamente y financieramente.

De igual manera, se realizaron consultas bibliográficas tendientes a recopilar información técnica sobre los fundamentos del control automático de procesos y caracterizar el sistema para el cual se implementó la solución. Se consultó igualmente la normativa nacional e institucional que aplica para la contratación estatal y proyección financiera.

Se realizaron consultas a los proveedores nacionales de sistemas de monitoreo y control de procesos y a sus representados a través de medios electrónicos como internet y catálogos físicos de los productos ofrecidos.

### **6.2. ENFOQUE INVESTIGATIVO**

El enfoque investigativo aplicado a este estudio corresponde a la metodología descriptiva cualitativa en razón a que la recopilación y análisis de la información se realizó mediante la entrevista personalizada al personal técnico experto en el tema tratado, sin el empleo de herramientas cuantitativas de valoración como muestreos o pruebas de laboratorio.

Mediante observación directa, tanto de la situación interna del proceso logístico llevado a cabo por la Fuerza Aérea, como de los pares logísticos del sector civil, se establecieron las características bajo las cuales debe llevarse a cabo el proceso logístico del combustible de aviación, que involucra la recepción en las bases aéreas, el control y dispensación, la legalización, la adquisición y la facturación. Se identificaron igualmente los riesgos del actual sistema de control implementado en la FAC y se plantearon alternativas de mejoramiento y mitigación.

Finalmente, mediante una metodología cualitativa de valoración, se realizó la calificación de las tecnologías disponibles y ofertadas en el país para seleccionar de acuerdo a los criterios de evaluación técnica y económica establecidos la mejor solución.

## 7. CONCLUSIONES

Como conclusiones de este trabajo se puede mencionar que se evidencian fallas en el control de inventarios mediante el sistema actual como consecuencia del error asociado a la metodología de medición (0.05%), lo cual pone en riesgo la confiabilidad de la información, y posibilita las pérdidas del combustible de aviación.

Esta situación originó la realización de una exploración en el mercado nacional, mediante la cual se pudo verificar la existencia en el país de empresas tecnológicamente capacitadas para la implementación del sistema de control de inventarios por radar con transmisión de datos vía inalámbrica hasta un centro de control.

De igual manera se establecieron las condiciones técnicas y económicas para la proyección de la instalación de esta tecnología en los complejos de combustibles de la Fuerza Aérea Colombiana por empresas y personal nacional con asesoría de las casas fabricantes, confirmándose igualmente, la idoneidad y experiencia de dichas empresas en la instalación y soporte de esta tecnología de control.

De otra parte, se pudo establecer un alto grado de satisfacción de las empresas usuarias de esta tecnología representado en el incremento de la confiabilidad y disminución del margen de error en sus inventarios, lo cual impacta los indicadores de gestión logísticos de dichas empresas y se espera impacten los indicadores de gestión establecidos por la Fuerza Aérea Colombiana en el proceso de logística aeronáutica.

Igualmente, se comprobó la viabilidad económica del proyecto, por cuanto los costos asociados a su implementación pueden ser asumidos por la Fuerza Aérea Colombiana dentro de su presupuesto ordinario con un tiempo de recuperación de la inversión calculado en 2.5 años en promedio por cada complejo.

Finalmente, con la implementación del sistema, se espera mejorar la confiabilidad, calidad y oportunidad en la información contable, hecho económico reflejado directamente en los estados financieros, con el único fin de servir como punto de partida y base para la toma de decisiones mediante proyecciones que ayuden a definir la tendencia futura para una erogación que tiene alto impacto en el presupuesto general de la nación y sobre la defensa y seguridad del país por su afectación en las operaciones aéreas.

## 7.1. RECOMENDACIONES

Los resultados logrados en este estudio serán recomendados a la Dirección de Combustibles de Aviación DICOA de la Fuerza Aérea Colombiana para que de acuerdo a sus planes estratégicos sean apropiados los recursos necesarios para su implementación en los plazos establecidos.

Igualmente, se recomienda a la Jefatura de Educación Aeronáutica de la Fuerza Aérea Colombiana, abordar el estudio de los sistemas automáticos de control y sus aplicaciones en el campo logístico aeronáutico por cuanto su aplicación no se limita al control de inventarios de combustibles como se enfocó a través de este estudio, sino, que su ámbito de aplicación es amplio en el control de otro tipo de procesos industriales y administrativos.

Finalmente, se recomienda a partir de este estudio, la escritura de un artículo para ser publicado en los medios informáticos impresos de la institución en el cual se den a conocer a la comunidad aeronáutica los fundamentos y alcances del proyecto de implementación de sistemas automáticos de control de inventarios en los complejos de combustible de aviación.

## BIBLIOGRAFÍA

ANGULO BAHÓN, Cecilio; RAYA GINER, Cristóbal. Tecnología de Sistemas de Control. Cataluña: Editorial Universidad Politécnica de Catalunya, 2004, p. 25.

BENAVIDES LEGARDA, María Eugenia. Textos de Contabilidad Pública No. 8 "Avances en Contabilidad Pública, Utilidad de la Información Contable en la Construcción de las Estadísticas de las Finanzas Públicas. [En línea]. Disponible en <http://www.contaduria.gov.co/wps/wcm/connect/95bd60d6-c1a1-481a-95ac-45101174e282/Avances+en+Contabilidad+Pública.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=95bd60d6-c1a1-481a-95ac-45101174e282>. [Citado el 06 de agosto de 2012].

COLOMBIA. MINISTERIO DE HACIENDA Y CREDITO PÚBLICO. Dirección General del Presupuesto Público. Resolución No.035 de 23 julio de 2009, p. 1. [En línea]. Disponible en <http://www.cnsc.gov.co/docs/resolucion035de2009minhacienda.pdf> [Consultado el 06 de agosto de 2012].

CONTADURÍA GENERAL DE LA NACIÓN. Régimen de Contabilidad Pública, Plan General de Contabilidad Pública. 2007, p. 28.

----- . Textos de Contabilidad Pública no. 8 "Avances en Contabilidad Pública". [En línea]. Disponible en <http://www.contaduria.gov.co/wps/wcm/connect/95bd60d6-c1a1-481a-95ac-45101174e282/Avances+en+Contabilidad+Pública.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=95bd60d6-c1a1-481a-95ac-45101174e282>. [Citado el 06 de agosto de 2012].

CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación industrial. 7ª edición. Madrid: Marcombo, 2008, p. 213.

DIRECCIÓN DE COMBUSTIBLES DE AVIACIÓN, Acta de Junta de Combustibles de Aviación. Datos históricos. Diciembre de 2011, p. 10.

DOMÍNGUEZ, Arístides Bryan. Los ingenieros de la antigüedad. Buenos Aires: ANI - Academia Nacional de Ingeniería, 2011, p. 6.

FUERZA AÉREA COLOMBIANA, Plan Estratégico Institucional FAC 2011-2030. Bogotá: Editorial de las FFMM, p. 20.

HARRIS, Lawrence Ernest. The Two Netherlanders: Humphrey Bradley and Cornelis Drebbel. Editor Brill Archive. 1961, p. 176.

JEFATURA DE OPERACIONES LOGÍSTICAS AERONÁUTICAS. Plan Estratégico Funcional, p. 2.

-----. Iniciativas Estratégicas 2012 – 2030

OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de Control Moderna. 4<sup>a</sup> edición. Madrid: Pearson Educación S.A., 2003, p. 1.

SAN JUAN, Carlos. La Revolución industrial. Ediciones AKAL. 1993, p. 9.

VILLALOBOS ORDAZ, *et al.* Medición y control de procesos industriales. México: Instituto Politécnico Nacional, 2010, p. 255.

## ÍNDICE ANALÍTICO

Aeronaves, 16  
Capacidades de almacenamiento, 17,22  
Cinta métrica calibrada, 12, 22  
Combustible de aviación, 9, 16, 42, 47  
Confiabilidad de la operación, 44  
Control automatizado, 26  
Control de flujo en procesos, 27  
Control de inventarios, 12, 13, 22, 23, 60  
Control realimentado, 27  
Control y visualización, 37  
Costos, 53, 60  
Cuadro de mando integral, 20  
Diagnóstico, 15  
Dirección de combustibles de aviación, 16  
Enfoque investigativo, 58, 59  
Estados financieros, 54  
Estudio de mercados, 40, 41  
Evaluación, 42, 43, 46  
Exactitud en la medición, 44  
Experiencia en Colombia, 45  
Factor estratégico, 15  
Fuente mágica de Herón, 27  
Impacto del combustible de aviación, 21  
Implementación, 49, 50, 53, 60  
Importancia estratégica del combustible de aviación, 17  
Indicador de gestión, 15, 19, 60  
Iniciativas estratégicas, 49  
Interfaz con el sistema SAP, 45  
Lazo abierto, 28, 31  
Lazo cerrado, 28, 30, 31  
Logística aeronáutica, 16  
Operaciones aéreas, 9  
Parte de combustibles de aviación, 17  
Ponderación de criterios, 45  
Reabastecimiento de los tanques, 31  
Recolección de información, 58  
Relación costo beneficio, 47

Requerimientos de mantenimiento directo, 44  
Requerimientos para la implementación, 44  
Reserva de combustible de aviación, 23  
Sensores, 33  
Sistema automático de control con realimentación, 28  
Sistema de control sin realimentación, 30  
Sistema remoto de monitoreo y control, 11, 13, 24  
Sistemas de control, 26, 31  
Sistemas realimentados, 30  
Tabla de aforo, 22  
Tecnología de radar, 40  
Tecnologías disponibles en el país, 39  
Teoría del control moderno, 28  
Transmisión de datos, 36  
Ubicación geográfica de los complejos, 17  
Variable combustible de aviación, 20

**ANEXOS**  
**ANEXO A. ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN**

**ESCUELA SUPERIOR DE GUERRA**



**ESDEGUE-SIIA-CEESEDEN**

**ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN**

**DETERMINACIÓN DE UN SISTEMA REMOTO DE MONITOREO Y CONTROL DE COMBUSTIBLE PARA LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA**

Ricardo Javier Paredes Muñoz<sup>28</sup>. ricpare@gmail.com  
Sigfredo Ignacio Torres Muñoz. sigtorr@gmail.com  
María Idalí Herrera Alegría. herreramariai@gmail.com

**Resumen**

Diagnóstico actual, selección y propuesta de implementación de un sistema de monitoreo y control automatizado para los complejos de combustible de aviación de la FAC que permita en tiempo real conocer las existencias de combustible, mejorando la confiabilidad en el proceso logístico y las operaciones aéreas.

Palabras Clave: Combustible de aviación, control automático de inventarios, operaciones logísticas, operaciones aéreas, sensor radar, transmisión inalámbrica.

**Introducción**

El combustible de aviación es un factor de vital importancia en el cumplimiento de la misión institucional de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), ya que sin los niveles adecuados del mismo es muy difícil la realización de operaciones aéreas efectivas, lo que genera la necesidad de manejar información confiable y oportuna de las existencias del producto en cada complejo de almacenamiento que tiene la Fuerza.

Para llevar a cabo el proceso de selección del sistema requerido, se desarrollan tres objetivos específicos, el primero de ellos presenta una introducción y diagnóstico sobre

---

<sup>28</sup> Ingeniero Mecánico de la Universidad del Valle. Magíster en Ingeniería Industrial de la Universidad del Valle, Director del Programa de Ingeniería Mecánica de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez".

la importancia estratégica que representa el combustible de aviación y los métodos empleados actualmente para su control, así como una breve introducción a los sistemas de control automático, la caracterización del problema de estudio y los requerimientos tecnológicos del sistema.

El segundo objetivo específico desarrolla el estudio de mercados de acuerdo a la oferta de representantes en el país de diferentes tecnologías de control para el sector industrial con base en criterios de viabilidad técnica, economía y requerimientos para la implementación y el análisis financiero de la solución propuesta y su relación costo – beneficio.

El tercer y último objetivo específico presenta el programa de implementación de la solución seleccionada en las diferentes bases aéreas de acuerdo con las prioridades técnicas y administrativas establecidas.

El estudio de investigación desarrollado se enmarca dentro del paradigma cualitativo con un enfoque descriptivo, y se caracteriza por partir de observaciones realizadas en el entorno de un caso o problemática particular para posteriormente a través de un proceso inductivo remitir el problema a una teoría para formular una hipótesis e intentar validarla empíricamente dándole un énfasis aplicado, permitiendo resolverlo en forma práctica.

## **1. Desarrollo teórico**

“La Fuerza Aérea Colombiana ejerce y mantiene el dominio del espacio aéreo, conduce operaciones aéreas para la defensa de la soberanía, la independencia, la integridad del territorio nacional y del orden constitucional y el logro de los fines del Estado”<sup>29</sup>. Para el cumplimiento de esta misión es imprescindible la realización de un proceso funcional denominado Logística Aeronáutica. Este proceso es desarrollado por la Jefatura de Operaciones Logísticas Aeronáuticas (JOL) cuyo producto es garantizar el máximo alistamiento de aeronaves y equipo asociado para el cumplimiento de las operaciones aéreas.

### **Gestión Logística del Combustible de Aviación en la FAC**

En relación al combustible de aviación, la FAC consume dos tipos: el JET-A1, utilizado en aeronaves propulsadas con motores de turbina cuya representación es del 90% en el consumo total de la Fuerza y el AVGAS utilizado en aeronaves propulsadas con motores alternativos o a pistón, cuyo consumo representa el restante 10%<sup>30</sup>.

Para garantizar el almacenamiento suficiente y el oportuno suministro del combustible de aviación en las unidades aéreas, aeropuertos, zonas de orden público y en donde la FAC lo requiera para el desarrollo de operaciones aéreas, la Fuerza cuenta con la Dirección de Combustibles de Aviación (DICOA), que pertenece orgánicamente a la

<sup>29</sup> FUERZA AÉREA COLOMBIANA, Plan Estratégico Institucional FAC 2011-2030. Bogotá: Editorial de las FFMM, p. 20.

<sup>30</sup> DIRECCIÓN DE COMBUSTIBLES DE AVIACIÓN, Acta de Junta de Combustibles de Aviación. Datos históricos. Diciembre de 2011, p. 10.

JOL. En DICOA se lleva a cabo la ejecución de los contratos de suministro de combustible, la gestión logística de pedidos y reabastecimiento y el control administrativo, logístico, fiscal y contable.

Debido a la importancia estratégica del combustible de aviación en la FAC, se cuenta con controles establecidos para garantizar la calidad y la cantidad del mismo. La herramienta fundamental para conocer la cantidad de producto almacenado en las Unidades Aéreas es el Parte de Combustibles de Aviación. Este documento, consolida la información diaria reportada por cada uno de los almacenistas donde se indica la reserva de producto, tanto de JET-A1 como de AVGAS que se encuentra almacenado en los complejos y el combustible recibido y suministrado el día anterior. Las capacidades de almacenamiento de combustible en cada una de las Unidades Aéreas se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Capacidad de almacenamiento de combustible de aviación en la FAC

UNIDAD	CIUDAD	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (GL)	
		JET A-1	AVGAS
CACOM 1	PUERTO SALGAR	224.000	0
CACOM 2	VILLAVICENCIO	243.051	10.400
CACOM 3	MALAMBO	88.328	0
CACOM 4	MELGAR	46.200	0
CACOM 5	RIONEGRO	20.000	0
CACOM 6	TRES ESQUINAS	56.600	2.500
CATAM	BOGOTA	180.000	0
CAMAN	MADRID	13.400	2.500
EMAVI	CALI	79.899	16.133
GAORI	MARANDUA	30.000	2.500
SUBTOTAL		981.478	34.033
TOTAL		1.015.511	

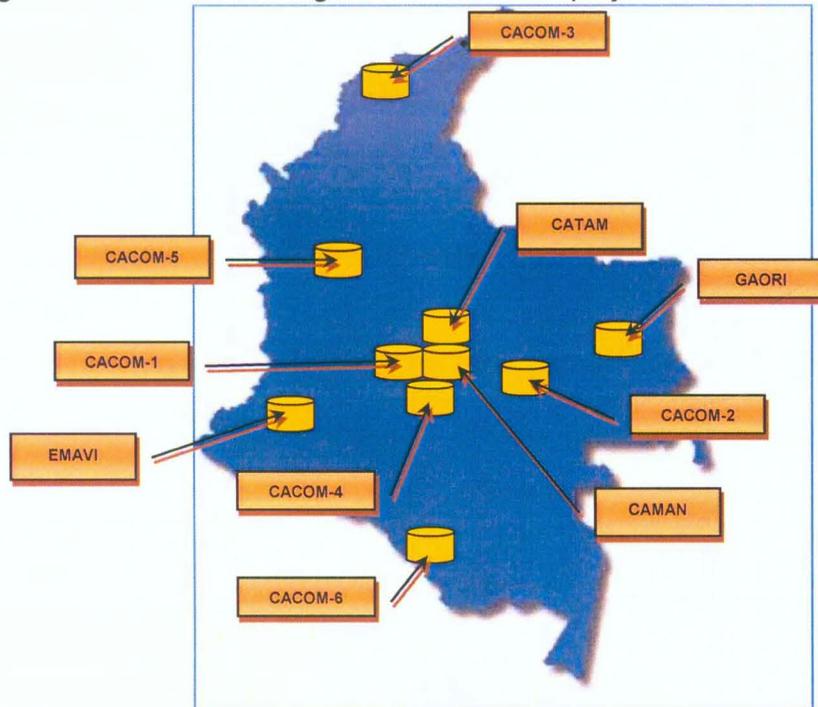
Fuente: Dirección de Combustibles de Aviación (DICOA)

La tabla muestra la ubicación de los diez complejos de almacenamiento con los cuales cuenta la Fuerza Aérea siendo el del CACOM 2 el de mayor capacidad con 253.451 galones y el de CAMAN en de menor capacidad con sólo 15.900 galones.

La ubicación geográfica de los complejos de combustible se muestra en la figura 1, en esta se identifican cuatro ubicados en el centro del país y los restantes seis en forma periférica, estas características geográficas deben ser tenidas en cuenta en el costeo de la implementación del sistema por cuanto afecta la logística de la empresa que realice la instalación de los equipos.

Para llevar a cabo su misión, la FAC estableció un modelo de gestión por procesos, de los cuales cuatro se agrupan bajo el concepto de procesos gerenciales, cuatro bajo el concepto de procesos misionales y cinco bajo el concepto de procesos de apoyo como se muestra en la figura 2.

Figura 1. Ubicación Geográfica de los complejos de combustible de la FAC.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Mapa de Procesos Fuerza Aérea Colombiana



Fuente: Plan Estratégico Institucional FAC 2011-2030.

Dada la importancia de este Proceso Funcional en la Fuerza y para controlar y minimizar el riesgo de no cumplir con la misión y objetivos del mismo, se ha establecido un Indicador de Gestión denominado ISLA: Índice de Soporte Logístico Aeronáutico,

conformado por seis variables, que permiten medir la gestión de las diferentes áreas comprometidas en la labor de la Jefatura. Estas variables son:

- Alistamiento de Aeronaves
- Armamento Aéreo
- Radares
- Combustible de Aviación
- Comunicaciones y Radio ayudas
- Equipo ETAA

La participación en el ISLA y la meta de cada variable se pueden observar en la tabla 2.

Tabla 2. Metas para el Índice de Soporte Logístico Aeronáutico "ISLA" JOL

JOL	AERONAVES (DIMAN)					RADARES (DICRA)					ARMAMENTO (DIARA) 2011- FIABILIDAD: 97% 2012-97,50% 2011-STOCK: 74% 2012-75,0% 2011-ALISTAMIENTO: 93% 2012- 93,50%				
	PROM. RESULTADO 2011	PESO	META 2011	META 2012	DIFERENCIA	PROM. RESULTADO 2011	PESO	META 2011	META 2012	DIFERENCIA	PROM. RESULTADO 2011	PESO	META 2011	META 2012	DIFERENCIA
	73,68%	53%	72	72,5	0,50	96,55	15%	95	95	95	91,35%	14%	88,00	88,67	0,67
	COMBUSTIBLES (DICOA) 2011-STOCK: 78% 2012-79% 2011-CAPACIDAD: 95% 2012-96%					COMUNICACIONES (DIARA) 2011-2012 ALISTAMIENTO: 97% COBERTURA: 69%					ETAA (DIMAN)				
	PROM. RESULTADO 2011	PESO	META 2011	META 2012	DIFERENCIA	PROM. RESULTADO 2011	PESO	META 2011	META 2012	DIFERENCIA	PROM. RESULTADO 2011	PESO	META 2011	META 2012	DIFERENCIA
	85,75%	10%	83,10	84,10	1,00	92,61%	4%	91	91	0	88,61%	4%	88	89	1

Fuente: Jefatura de Operaciones Logísticas Aeronáuticas JOL.

El sistema utilizado por la FAC para la evaluación de los resultados y metas en el Sistema de Gestión de Calidad es el Cuadro de Mando Integral, que mediante la metodología del semáforo permite, en periodos de evaluación mensual, evidenciar si un indicador alcanzó o no la meta propuesta. Para el caso específico de la variable combustible de aviación, la meta para el año 2012 es del 84,10% mensual, esta variable está compuesta por dos sub variables:

Nivel de Almacenamiento de Combustibles (NAC), que mide el nivel de almacenamiento diario en los tanques de combustible de aviación de las Unidades Aéreas, y que se consolida mensualmente. Tiene un peso del 70% en la variable y la meta es el 79%. La implementación de un sistema remoto de monitoreo y control de combustible se ubica bajo esta sub variable.

Capacidad Adicional de Almacenamiento Requerido (CAAR), que mide la Capacidad de DICOA para ubicar combustible en sitios donde no se cuenta con almacenamiento del mismo y que se requiere para una operación aérea determinada. Estos requerimientos se realizan generalmente con equipos especiales de almacenamiento y suministro denominados FARE, tiene un peso del 30% en la variable y la meta es el 96%. En la tabla 3, se presenta la composición de la variable combustible de aviación.

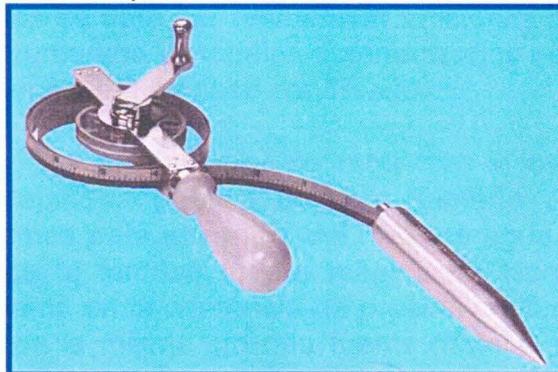
Tabla 3. Indicador Combustible de Aviación

VARIABLE	SUBVARIABLE	META	PARTICIPACIÓN	TOTAL
COMBUSTIBLE DE AVIACIÓN	NAC	79%	70%	55,30%
	CAAR	96%	30%	28,80%
TOTAL			100%	84,10%

Fuente: Jefatura de Operaciones Logísticas Aeronáuticas JOL.

Actualmente el control de inventarios en los tanques de almacenamiento de combustible se realiza de forma manual, cumpliendo la norma API, y se realiza con una cinta métrica calibrada como se muestra en la figura 3. Este procedimiento se encuentra aprobado y documentado en el Manual de Combustible de Aviación.

Figura 3. Cinta métrica para medición de combustible de aviación



Fuente: Manual de Combustibles de Aviación FAC.

Cada tanque cuenta con una tabla de aforo certificada, que indica la cantidad de galones por cada centímetro lineal que indique la cinta métrica. Este sistema a pesar de ser avalado por norma técnica, no brinda la mayor exactitud que requiere el control de un producto de alto impacto, por su importante utilización y elevado costo como el combustible de aviación.

Una vez el almacenista de cada Unidad efectúa la medición del inventario a primera hora de la mañana, debe reportarlo a DICOA, donde se consolida el parte de combustibles de aviación de la Fuerza y se reporta a las dependencias encargadas de la planeación y control de operaciones, convirtiéndose en una herramienta vital para la toma de decisiones operativas, ya que el nivel de almacenamiento en determinado punto define la ejecución o no de una operación aérea y la utilización del número y tipo de aeronaves para una misión.

La reserva de combustible de aviación se actualiza en períodos de 24 horas una vez que los almacenistas reportan, al día siguiente las existencias en cada Unidad. Esta situación implica un grado de incertidumbre muy alto, que afecta la planeación y realización de las operaciones aéreas.

El control del inventario se realiza mediante el sistema SAP, que garantiza la confiabilidad en la información, pero desafortunadamente no su oportunidad, ya que los movimientos de ingresos y salidas del producto no se realizan en tiempo real, sino una vez el operario y/o almacenista de cada Unidad cuenta con disponibilidad para llevarlos a cabo. Es por ello que DICOA tiene establecido que antes de las 08:00 de cada día, las Unidades deben reportar el parte de combustibles de aviación y se realiza el cruce del envío físico contra SAP para cerciorarse de que no existen diferencias.

### **El Control Automático de Procesos**

Los sistemas de control en los procesos humanos han estado presentes desde el inicio mismo de su historia, bien sea en sus actividades cotidianas, agrícolas e industriales. En la era moderna los sistemas de control se aplican a procesos productivos o administrativos en los cuales se opta por reemplazar funciones de supervisión pasiva a cargo de personas por instrumentos y modelos automatizados de control que minimizan el error y aumentan la eficiencia del proceso controlado<sup>31</sup>.

Los sistemas de control y sus aplicaciones se remontan a los tiempos de la Grecia antigua, allí Herón de Alejandría publicó un libro llamado *pneumática* en el cual describía algunos mecanismos para el control del nivel de agua a través de flotadores. Es también de esta época la famosa fuente mágica de Herón de Alejandría cuyo funcionamiento se fundamenta en la diferencia de presión y altura de sus componentes que permite la operación de la misma sin una fuente motora externa, tan solo por el efecto de la gravedad<sup>32</sup>.

En la era moderna, es al ingeniero escocés James Watt a quien se le atribuye el primer sistema automático de control con realimentación<sup>33</sup>. Con la evolución de la teoría del control moderno, se han desarrollado modelos de predicción de los mecanismos y de su respuesta conforme a las entradas, bien sea en lazo abierto o en lazo cerrado. Para esto se han desarrollado sistemas de ecuaciones cuya solución matemática puede predecir el comportamiento del sistema.

### **El Problema de Control en la FAC**

Con base en los anteriores conceptos y en vista de que el problema planteado en esta investigación, consiste en controlar en forma remota el inventario de combustible almacenado por la FAC, mediante el monitoreo en tiempo real de los niveles de llenado en los tanques, el sistema de control corresponde a un sistema en lazo abierto. Esta caracterización es aplicable al problema, dado que el reabastecimiento de los tanques no se hace en forma automática mediante tuberías de distribución provenientes desde

---

<sup>31</sup> OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de Control Moderna. 4ª edición. Madrid: Pearson Educación S.A., 2003, p. 1.

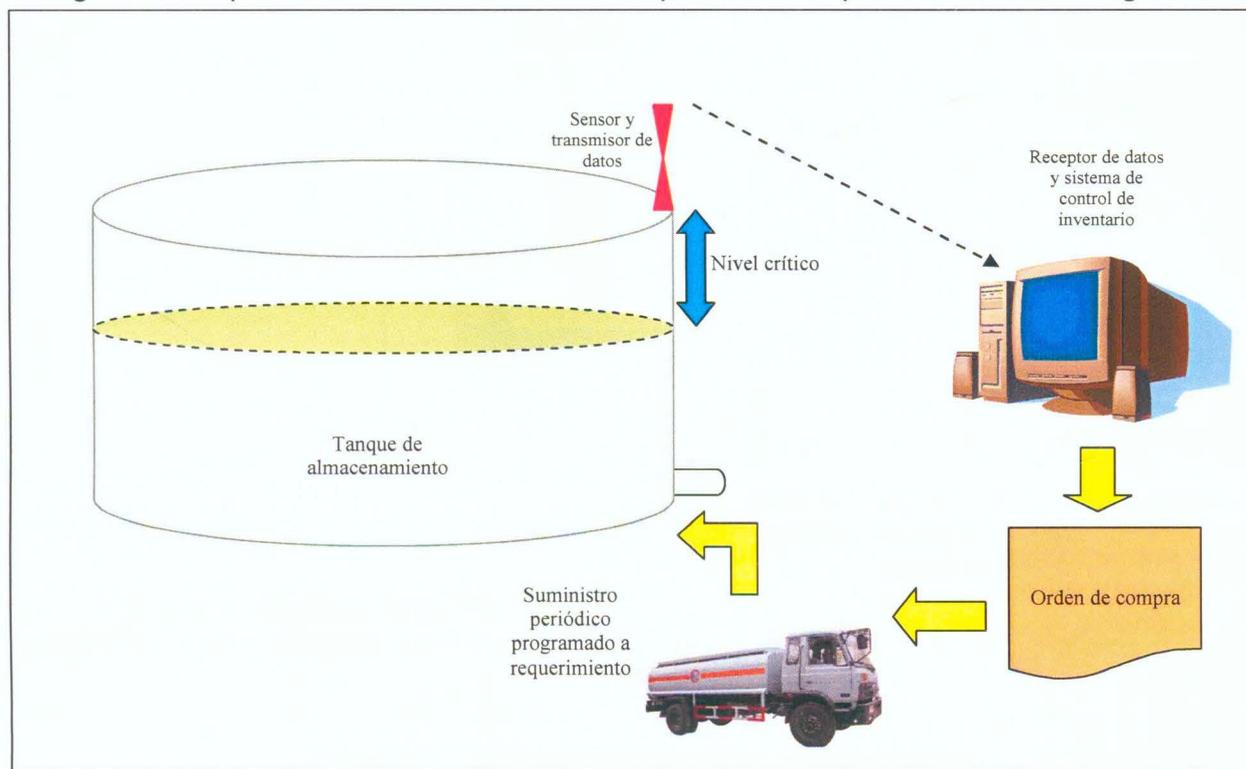
<sup>32</sup> DOMÍNGUEZ, Aristides Bryan. Los ingenieros de la antigüedad. Buenos Aires: ANI - Academia Nacional de Ingeniería, 2011, p. 6.

<sup>33</sup> ANGULO BAHÓN, Cecilio; RAYA GINER, Cristóbal. Tecnología de Sistemas de Control. Cataluña: Editorial Universidad Politécnica de Catalunya, 2004, p. 25.

el proveedor de combustible, sino en forma periódica bajo pedido a través de vehículos cisterna.

La representación esquemática del sistema de control para el problema de investigación se muestra en la figura 4.

Figura 4. Esquema del sistema de control que ilustra el problema de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

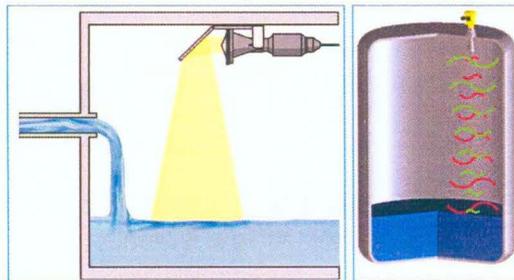
Bajo esta caracterización, se espera que el sistema de control a implementar sea de baja complejidad, costo y potencia de operación. Para este caso en particular, la intervención del hombre dentro del sistema de control no se elimina por completo, debido a que la interpretación de datos recibidos, así como la emisión de órdenes de reabastecimiento seguirán bajo responsabilidad de DICOA, por ser tareas que implican el análisis estratégico de las existencias de combustible respecto a la situación de seguridad del país, así como erogaciones del presupuesto de la Fuerza que deben ser controladas adecuadamente.

Los componentes del sistema a ser implementado serán el sensor radar, el transmisor y el centro de control.

**Sensor de Radar.** La tecnología radar emplea un emisor-receptor de ondas de radio para medir distancias que para la aplicación particular de medición del nivel del fluido

almacenado en recipientes estáticos como los tanques de almacenamiento ha demostrado ser confiable y precisa, no es afectada por la temperatura del medio ni por su densidad, emplea ondas electromagnéticas superiores a los 10 Ghz lo que permite obtener la diferencia entre la onda emitida y la onda que se recibe, la diferencia de frecuencia de estas ondas se traduce matemáticamente en el nivel que se está midiendo<sup>34</sup>. Un esquema del funcionamiento de este tipo de sensores se muestra en la figura 5.

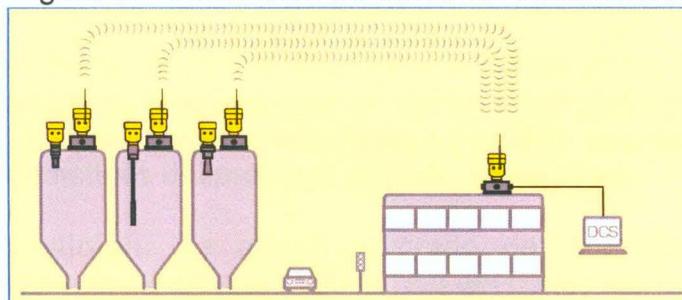
Figura 5. Sensores tipo radar para medición de nivel en diferentes aplicaciones. Flujo en canales abiertos y nivel en tanques cerrados.



Fuente: [http://www.nagmarine.com/images/products/ohmart/radar\\_principle.png](http://www.nagmarine.com/images/products/ohmart/radar_principle.png).

**Transmisión de datos.** Las tecnologías disponibles básicamente se pueden clasificar en dos tipos, la transmisión de datos vía cable y la transmisión de datos vía inalámbrica. La transmisión inalámbrica, como lo muestra la figura 6, requiere de poco planeamiento y mantenimiento lo que la hace más económica, versátil y funcional. Es de gran utilidad cuando se requiere superar obstáculos, vías o construcciones, en silos o tanques de gran altura y en dispositivos móviles como los transportadores de banda.

Figura 6. Transmisión de datos vía inalámbrica.



Fuente: VEGA Grieshaber KG. Germany.

**Centro de Control.** La información captada por los sensores y posteriormente transmitida vía inalámbrica, es recibida por el centro de control y visualización del sistema, en el cual se controlan los niveles de almacenamiento y se realizan ajustes de

<sup>34</sup> CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación industrial. 7ª edición. Madrid: Marcombo, 2008, p. 213.

los parámetros de funcionamiento de los sensores. La visualización de la información puede ser realizada a través de una red interna o Ethernet o a través de Internet<sup>35</sup>.

## 2. Análisis de la información

Con el propósito de seleccionar la oferta más conveniente para la implementación del sistema de monitoreo remoto, y partiendo de que los sistemas ofrecidos satisfacen la necesidad de la FAC, se realiza un análisis comparativo de las diferentes propuestas recibidas. Para este propósito se efectúa una primera evaluación de carácter habilitante que tiene como fin verificar que la disponibilidad presupuestal cubre el costo de la solución ofrecida, el resultado de esta primera verificación se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Verificación presupuestal de las ofertas presentadas.

EMPRESA (TECNOLOGÍA)	VALOR TOTAL DE LA SOLUCIÓN	DISPONIBILIDAD PRESUPUESTAL	DIFERENCIA	OBSERVACIÓN
CERTERIAN (VEGA)	\$ 446.710.054,97	\$ 470.932.246,00	\$ 24.222.191,03	SE AJUSTA
INSURCOL (HONEYWELL)	\$ 492.028.667,37	\$ 470.932.246,00	-\$ 21.096.421,37	NO SE AJUSTA
SYZ (HYCONTROL)	\$ 315.664.475,82	\$ 470.932.246,00	\$ 155.267.770,18	SE AJUSTA
CPR LTDA (EMERSON-ROSEMOUNT)	\$ 574.492.167,05	\$ 470.932.246,00	-\$ 103.559.921,05	NO SE AJUSTA

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla, dos de las cuatro soluciones presentadas superan la disponibilidad presupuestal de la FAC y por lo tanto no son habilitadas para realizar la evaluación técnica. Para llevar a cabo la siguiente etapa de la evaluación, se establecen y ponderan los criterios de carácter técnico a los cuales deben ser sometidas las propuestas de solución habilitadas en la etapa previa.

Los criterios de evaluación técnica y su ponderación se establecen buscando factores diferenciadores entre las alternativas, dando puntajes a cada criterio, con el fin de realizar una valoración objetiva de las propuestas, que sustente la selección de una de ellas.

**Confiabilidad de la operación.** Hace referencia al funcionamiento del sistema, de tal manera que se garantice su operación las 24 horas, sin importar las condiciones a las que se vea sometido, tales como ambientales, ubicación geográfica del complejo de combustibles y características del producto a medir, entre otras.

**Exactitud en la medición.** Se refiere al grado de incertidumbre intrínseco del instrumento de medición respecto a la medida real del contenido en el tanque, haciendo que un sistema sea más exacto que otro en la medida que esta incertidumbre sea menor.

**Requerimientos de mantenimiento directo.** Este criterio corresponde a las necesidades y frecuencia de operaciones de mantenimientos que requiere el sistema, una vez instalado y puesto en operación.

<sup>35</sup> VEGA. Comunicación en automatización de procesos. p. 11. [En línea]. Disponible en <http://www.vega.com/downloads/PR/ES/38320-ES.PDF>. [Citado el 06 de agosto de 2012].

**Requerimientos para la implementación.** Este criterio comprende los requisitos técnicos, de obras civiles y condiciones especiales necesarias para la instalación y puesta en marcha del sistema.

**Experiencia en Colombia.** Corresponde a la verificación del uso del sistema en el país por empresas que hagan parte de la cadena de hidrocarburos, específicamente dedicadas a la producción, almacenamiento, distribución, comercialización y/o transporte de combustible.

**Interfaz con el sistema SAP.** Como requisito, el sistema a implementar deberá contar con la capacidad de migrar la información obtenida al sistema SAP en tiempo real.

Una vez establecidos los criterios se asigna una ponderación para aplicar a las propuestas habilitadas como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Ponderación criterios de evaluación técnica.

CRITERIO	PONDERACIÓN	
	MÁXIMO	MÍNIMO
CONFIABILIDAD EN LA OPERACIÓN	10	1
EXACTITUD EN LA MEDIDA	10	1
REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO DIRECTO	5	1
REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN	5	1
EXPERIENCIA EN COLOMBIA	5	1
INTERFAZ CON SISTEMA SAP	5	1
<b>TOTALES</b>	<b>40</b>	<b>6</b>

Fuente: Elaboración propia

La calificación máxima posible a ser obtenida por una propuesta de solución será de 40 puntos, en tanto que el valor mínimo posible será de 6 puntos. Se entenderá por ganadora la propuesta de solución que obtenga el mayor puntaje.

La evaluación técnica de las propuestas habilitadas, se presenta en la tabla 6, en la cual se asignó puntaje a cada una de las posibles soluciones habilitadas, con base en la incidencia de cada criterio.

Tabla 6. Evaluación técnica de las ofertas habilitadas.

CRITERIO	UNIDAD	OFERENTE					
		CERTERIAN (VEGA)			SYZ (HYCONTROL)		
		VALOR	PUNTOS	OBSERVACIONES	VALOR	PUNTOS	OBSERVACIONES
CONFIABILIDAD EN LA OPERACIÓN	%	100%	10	LITERAL C OFERTA ROBUSTES DEL SISTEMA	100%	10	CATÁLOGO
EXACTITUD EN LA MEDIDA	mm	+ - 2 mm	10	CATÁLOGO	+ - 3 mm	7	OFERTA PÁGINA 3
REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO DIRECTO	COMPLEJIDAD	BAJA	5	LITERAL F OFERTA MANTENIMIENTO	BAJA	5	CATÁLOGO

REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN	COMPLEJIDAD	BAJA	5	LITERAL D OFERTA IMPLEMENTACIÓN	BAJA	5	CATÁLOGO
EXPERIENCIA EN COLOMBIA	SI/NO	SI	5	LITERAL H OFERTA 20 AÑOS EN COLOMBIA / 50 AÑOS FABRICANTE (HALLIBURTON, PETROBRAS, ECOPEPETROL, SCHLUMBERGER)	SI	5	PÁGINA WEB 8 AÑOS EN COLOMBIA / TECNOLOGIA USADA POR MANSAROVAR EN COLOMBIA
INTERFAZ CON SISTEMA SAP	SI/NO	SI	5	OFERTA SISTEMA SIL 2	SI	5	OFERTA CONEXIÓN CON SAP A TRAVÉS DE PLC Y SUPERVISOR SENSYS
PUNTAJE TOTAL			<b>40</b>			<b>37</b>	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la evaluación técnica mostrada en la tabla, la propuesta que satisface las necesidades de la FAC y presenta un mejor comportamiento respecto a los criterios de evaluación es la empresa CERTERIAN/AROLEN S.A, que ofrece el sistema de radar marca VEGA, con un total de 40 puntos, sobre un máximo de 40. Por esta razón, se propone que sea este sistema el que se implemente para la medición automática de los niveles de almacenamiento de combustible de aviación.

La relación costo – beneficio y el tiempo de recuperación de la inversión para la implementación del sistema seleccionado, se determina calculando el ahorro alcanzado mediante el control de inventarios con el sistema de radar VEGA. Para esto se analizan comparativamente las máximas tolerancias en la exactitud de la medida del método manual y del sistema propuesto con base en el stock promedio de combustible de aviación registrado en el CACOM-1 durante el presente año. Los cálculos correspondientes se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Análisis costo/beneficio solución propuesta.

	SISTEMA	
	ACTUAL (REGLA METRICA)	RADAR VEGA
EXACTITUD EN MEDICION	0,05%	0,017%
STOCK PROMEDIO CACOM-1 2012 (GALONES)	208.305,00	208.305,00
ERROR MAXIMO PERMITIDO EN MEDICION (GALONES)	104	35
DIAS DE MEDICION AL AÑO	365	365
TOTAL ERROR AÑO (GALONES)	38.016	12.775
VALOR PROMEDIO GALON 2012	8.421	8.421
PERDIDA ANUAL POR ERROR MEDICION AÑO (\$)	\$ 320.129.894	\$ 107.578.275
AHORRO ANUAL ALCANZAD CON SISTEMA VEGA (\$)	\$ 212.551.619	
VALOR SISTEMA VEGA	\$ 446.710.055	
TIEMPO RECUPERACION INVERSIÓN (AÑOS)	2,10	

Fuente: Dirección Combustibles de Aviación – Cálculos autores

De la tabla anterior, se concluye que la FAC recuperaría la inversión de implementar el sistema VEGA en el CACOM-1 en 25 meses con los beneficios que este sistema brinda para el control de los niveles de almacenamiento de combustible desde el momento de

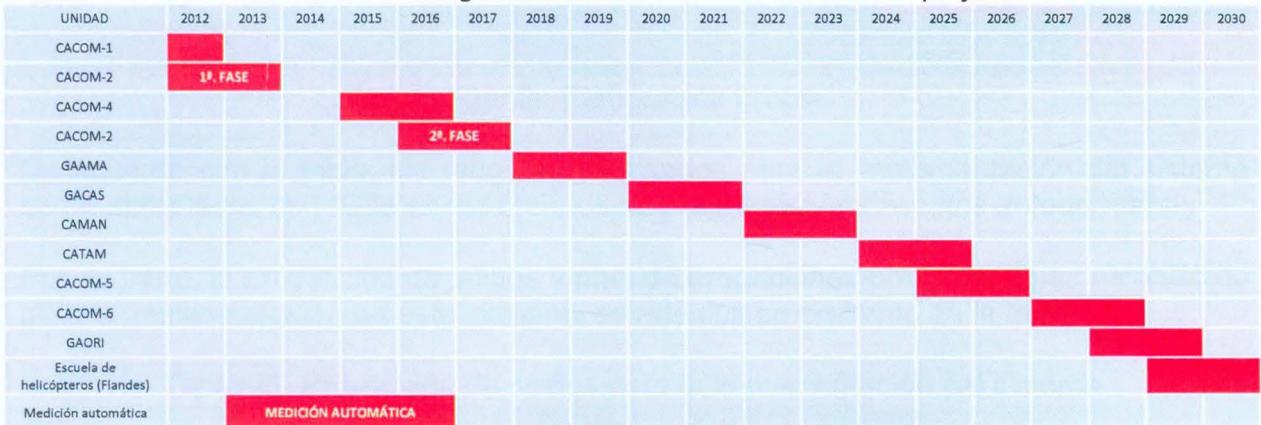
su puesta en operación, en cuanto a confiabilidad y oportuna disponibilidad de la información para la toma de decisiones logísticas y operacionales.

### La implementación

Una vez verificada la viabilidad técnica y económica del proyecto se establece el cronograma de instalación del sistema en los complejos de las Unidades Aéreas, durante los cuatro años en que se estima su desarrollo. Para definir el orden en que se propone la implementación del sistema en los complejos de combustible, se tienen en cuenta dos criterios fundamentales que son:

- **Plan de modernización.** DICOA ya tiene establecido un programa de modernización de los complejos y se pretende aprovechar esta situación para implementar igualmente el sistema de control cumpliendo con la normatividad técnica, ambiental y de seguridad vigente. La tabla 8 muestra los complejos que entrarán a modernización en los próximos años.

Tabla 8. Cronograma de Modernización de Complejos.



Fuente: Dirección Combustibles de Aviación

- **Rotación del combustible.** La mayor rotación del combustible requiere de mayores controles en los inventarios en tiempo real y con exactitud. La tabla 9 muestra el consumo promedio mensual en los complejos de combustible de aviación de la FAC.

Tabla 9. Consumo promedio mensual complejos de combustible.

CONSUMO PROM. MES (GL)	UNIDAD									
	CACOM-1	CACOM-2	CACOM-3	CACOM-4	CACOM-5	CACOM-6	CAMAN	CATAM	EMAVI	GAORI
	180.000	150.000	150.000	60.000	40.000	25.000	10.000	350.000	70.000	20.000

Fuente: Dirección Combustibles de Aviación

La unidad sombreada en color amarillo (CACOM-1) está siendo modernizada actualmente y tendrá instalado el sistema en 2012. Las sombreadas en verde (CACOM-2 y CACOM-4) se modernizarán incluyendo la instalación del sistema entre 2013 y 2016.

En los demás complejos se instalará el sistema teniendo en cuenta la prioridad de consumo promedio más alto, como es el caso de CATAM, CACOM-3 y EMAVI, cuyas modernizaciones ya se efectuaron en años anteriores.

De acuerdo con los criterios expuestos anteriormente y con base en el análisis de la información presentada, la programación para la implementación del sistema de monitoreo remoto en los complejos de combustible de aviación de la Fuerza Aérea, se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Programación instalación sistema en las Unidades Aéreas.

UNIDAD	2012	2013	2014	2015	2016
CACOM-1					
CACOM-2					
CATAM					
CACOM-3					
EMAVI					
CACOM-5					
CACOM-6					
GAORI					
CACOM-4					
CAMAN					

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla, los recursos necesarios para la implementación del sistema serán apropiados con base en los criterios de programación descritos anteriormente.

Por su parte, la proyección de costos y plan de erogaciones presupuestales establecido para la implementación de esta iniciativa estratégica se presenta en la tabla 11.

Tabla 11. Proyección de costos para la implementación del sistema.

UNIDAD FAC		CACOM2 /CATAM	CACOM3 /EMAVI	CACOM5- 6/GAORI	CACOM4 /CAMAN	TOTAL
DESCRIPCIÓN	RUBRO	2013	2014	2015	2016	
Equipo remoto de monitoreo y control para combustible de aviación	OTRAS COMPRAS DE EQUIPO 204-1-25-10	1.474.143.182	1.621.557.500	2.735.026.984	1.644.979.997	7.475.707.663

Fuente: elaboración propia.

La tabla establece los datos requeridos para inscribir en el Proyecto de Presupuesto de cada vigencia fiscal, la necesidad de los recursos con cargo al Presupuesto General de la Nación, información que debe contener el rubro presupuestal, el monto por mes y por año (Plan Anualizado de Caja), así como el tipo de contratación que para este caso es la Licitación Pública y la descripción exacta del bien a comprar, lo anterior con el fin de planear la disponibilidad de los recursos que autoriza la Nación a través del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, en concordancia con los plazos de pago establecidos contractualmente entre el Proveedor y la Nación (Ministerio de Defensa Nacional – Fuerza Aérea Colombiana).

### **3. Conclusiones**

Se evidencian fallas en el control de inventarios mediante el sistema actual como consecuencia del error asociado a la metodología de medición (0.05%), lo cual pone en riesgo la confiabilidad de la información, y posibilita las pérdidas del combustible de aviación. Se dio lugar a la realización de una exploración en el mercado nacional, mediante la cual se pudo verificar la existencia en el país de empresas tecnológicamente capacitadas para la implementación del sistema de control de inventarios por radar con transmisión de datos vía inalámbrica hasta un centro de control.

De igual manera se establecieron las condiciones técnicas y económicas para la proyección de la instalación de esta tecnología en los complejos de combustibles de la FAC por empresas y personal nacional con asesoría de las casas fabricantes, confirmándose igualmente, la idoneidad y experiencia de dichas empresas en la instalación y soporte de esta tecnología de control.

Por otra parte, se pudo establecer un alto grado de satisfacción de las empresas usuarias de esta tecnología representado en el incremento de la confiabilidad y disminución del margen de error en sus inventarios, lo cual impacta los indicadores de gestión logísticos de dichas empresas y se espera impacten los indicadores de gestión establecidos por la FAC en el proceso de logística aeronáutica.

Igualmente, se comprobó la viabilidad económica del proyecto, por cuanto los costos asociados a su implementación pueden ser asumidos por la FAC dentro de su presupuesto ordinario con un tiempo de recuperación de la inversión calculado en 2.5 años en promedio por cada complejo.

Finalmente, con la implementación del sistema, se espera mejorar la confiabilidad, calidad y oportunidad en la información contable, hecho económico reflejado directamente en los estados financieros, con el único fin de servir como punto de partida y base para la toma de decisiones mediante proyecciones que ayuden a definir la tendencia futura para una erogación que tiene alto impacto en el presupuesto general de la nación y sobre la defensa y seguridad del país por su afectación en las operaciones aéreas.

### **Bibliografía**

ANGULO BAHÓN, Cecilio; RAYA GINER, Cristóbal. Tecnología de Sistemas de Control. Cataluña: Editorial Universidad Politécnica de Catalunya, 2004.

BENAVIDES LEGARDA, María Eugenia. Textos de Contabilidad Pública No. 8 "Avances en Contabilidad Pública, Utilidad de la Información Contable en la Construcción de las Estadísticas de las Finanzas Públicas. [En línea]. Disponible en <http://www.contaduria.gov.co/wps/wcm/connect/95bd60d6-c1a1-481a-95ac-4510117>

4e282/Avances+en+Contabilidad+Pública.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=95bd60d6-c1a1-481a-95ac-45101174e282.

COLOMBIA. MINISTERIO DE HACIENDA Y CREDITO PÚBLICO. Dirección General del Presupuesto Público. Resolución No.035 de 23 julio de 2009, p. 1. [En línea]. Disponible en <http://www.cnsc.gov.co/docs/resolucion035de2009minhacienda.pdf>.

CONTADURÍA GENERAL DE LA NACIÓN. Régimen de Contabilidad Pública, Plan General de Contabilidad Pública. 2007.

------. Textos de Contabilidad Pública no. 8 "Avances en Contabilidad Pública". [En línea]. Disponible en <http://www.contaduria.gov.co/wps/wcm/connect/95bd60d6-c1a1-481a-95ac-45101174e282/Avances+en+Contabilidad+Pública.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=95bd60d6-c1a1-481a-95ac-45101174e282>.

CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación industrial. 7ª edición. Madrid: Marcombo, 2008.

DIRECCIÓN DE COMBUSTIBLES DE AVIACIÓN, Acta de Junta de Combustibles de Aviación. Datos históricos. Diciembre de 2011.

DOMÍNGUEZ, Arístides Bryan. Los ingenieros de la antigüedad. Buenos Aires: ANI - Academia Nacional de Ingeniería, 2011.

FUERZA AÉREA COLOMBIANA, Plan Estratégico Institucional FAC 2011-2030. Bogotá: Editorial de las FFMM.

HARRIS, Lawrence Ernest. The Two Netherlanders: Humphrey Bradley and Cornelis Drebbel. Editor Brill Archive. 1961.

JEFATURA DE OPERACIONES LOGÍSTICAS AERONÁUTICAS. Plan Estratégico Funcional.

------. Iniciativas Estratégicas 2012 – 2030.

OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de Control Moderna. 4ª edición. Madrid: Pearson Educación S.A., 2003.

SAN JUAN, Carlos. La Revolución industrial. Ediciones AKAL. 1993.

VILLALOBOS ORDAZ, *et al.* Medición y control de procesos industriales. México: Instituto Politécnico Nacional, 2010.

# ANEXO B. OFERTA TÉCNICA Y ECONÓMICA EMPRESA SYZ COLOMBIA S.A.S.



www.syz.com.co

GSPT-FO-01-01

Señores

COMPañIA RCH CONSTRUCTORES ASOCIADOS S.A.  
NIT ---  
ATENCIÓN JAIME CERVANTES  
CARGO INGENIERO DE PROYECTOS  
E-MAIL Jaime.cervantes@rchconstructores.com  
DIRECCIÓN KRA 7 127 48 OF 701  
TELÉFONO +57 1 6476900  
FAX  
CIUDAD BOGOTÁ

FECHA Mayo 11 del 2012

COTIZACIÓN No. Q120511.17324

REFERENCIA:

MEDIDORES DE NIVEL TIPO RADAR Y TDR PARA  
INTERFACE

Estimados Señores:

SYZ COLOMBIA SAS es una empresa representante de fabricantes e importadora de equipos y sistemas para el manejo y control de fluidos, cumpliendo con los más altos estándares de seguridad, confiabilidad, calidad y medio ambiente en todos los sectores industriales. Desde su creación en el 2004 se ha caracterizado por su visión futurista, pujante e innovadora contando con un equipo humano multidisciplinario y comprometido de más de 40 personas y actualmente en proceso de expansión en Latinoamérica.

Cuenta actualmente con portafolio completo ajustado a sus necesidades tales como:

- Teas, quemadores e incineradores
- Domos Geodésicos, pantallas, succiones y drenajes flotantes para tanques
- Válvulas de Presión y Vacío, inertización, atrapallamas y manholes de emergencia
- Medidores e interruptores de nivel y volumen de líquidos y sólidos
- Equipos de laboratorio para fiscalización de hidrocarburos
- Bombas centrifugas y de desplazamiento positivo
- Filtros y eliminadores de aire
- Medidores de flujo volumétrico y másico para transferencia y custodia y control de inventarios
- Probadores volumétricos
- Agitadores y Mezcladores
- Toma muestras automáticos en línea
- Medidores de densidad, BSW y viscosidad
- Indicadores, transmisores e interruptores de presión y temperatura
- Instrumentación analítica, de proceso y laboratorio
- Válvulas de control, doble sello y purga, marraneo, reguladoras y de alivio por expansión térmica
- Monitores de puesta a tierra, sobrellenado y hombre muerto y carretes de estática
- Computadores de carga, de flujo, PLC y datalogger
- Software de administración de terminales, oleo/poli/gasoductos y plantas industriales
- Brazos de llenado, mangueras, carretes, pistolas y acoples de conexión rápida o cierre seco
- Escaleras basculantes y plataformas de acceso
- Accesorios para carrotanques
- Equipos para EDS y sistemas para administración y control de combustibles
- Desnatadores o skimmers
- Unidades LACT y Patines de medición
- Unidades de carga/descarga de buques/carrotanques
- Sistemas de mezcla.

Respondiendo a su amable invitación, SYZ COLOMBIA SAS, se complace en suministrar la presente propuesta para *el asunto en referencia*.

En caso de presentarse alguna inquietud, por favor no dude en comunicarse con nosotros.

Cordialmente,

TATIANA CUELLAR  
GERENTE DE INDUSTRIA  
Tatiana.cuellar@syz.com.co  
No. Celular : 317 6564146  
TC-SC-120423-129

ALEJANDRO CESPEDES  
GERENTE DE PRODUCTO  
Alejandro.cespedes@syz.com.co  
No. Celular : 3176667157

Página 1

EQUIPOS, SISTEMAS Y SERVICIOS PARA MANEJO Y CONTROL DE FLUIDOS  
CENTRO INDUSTRIAL Y EMPRESARIAL CIEM OJKOS DE OCCIDENTE VIA BOGOTÁ - SIBERIA KM. 7,5, 900 MTS ENTRADA A PARCELAS, BODEGA 01  
Of. 313 Pbx: (571)7433799 Fax: (571)7433799 OPC. 9 Cel: (57)3153450825 E-Mail: syz@syz.com.co

CONTENIDO

1. OFERTA TECNICA Y/O COMERCIAL .....	3
2. DESVIACIONES DE LA OFERTA .....	6
3. DOCUMENTOS ADJUNTOS A LA OFERTA .....	6
4. TERMINOS Y CONDICIONES DE NEGOCIACIÓN .....	6
5. TERMINOS DE GARANTIA .....	6
6. LIMITE DE RESPONSABILIDAD .....	7



www.syz.com.co

GSPT-FO-01-01

1. OFERTA TECNICA Y/O COMERCIAL				
IT	DESCRIPCIÓN	CNT	PRECIO US\$	
			UNIT	TOTAL
1	<p><b>TANQUE 3,60MTS MEDICION DE INTERFACE</b>  <b>Ref. VF770652070310120036 de HYCONTROL</b></p> <p>Medidor de nivel tipo radar con sonda guiada. La tecnología TDR (Reflectometría de dominio temporal) para medición de niveles por microondas guiadas, transmite un impulso de radar por el cable, el tiempo que la señal de retorno necesita para su recorrido, varía debido a que el circuito abierto o cortocircuitado presenta impedancias diferentes. La serie VF de los productos TDR es ideal para la medición de líquidos, polvos y gránulos a un rango de 60 m. No se ve afectado por presión, temperatura, viscosidad, vacío, espuma, polvo, cambios en la constante dieléctrica o recubrimiento de la sonda, la serie VF puede medir prácticamente cualquier producto ya sea en directo o el modo TBF utilizando cualquiera de sus siete tipos de sonda.</p> <p><b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b></p> <p>SERIE: Reflex VF Series Two Wire extended range TDR            ALTURA TANQUE: 3,60 m            PRODUCTO: Jet A1 constante dieléctrica 1.8            LONGITUD DE LA SONDA: 3.60 m            APROBACION: FM XP Cl.1 Div.1Gr A-G Dual seal (Up to 150C)            MATERIAL SONDA: Acero inoxidable 316L/40 Bar            PRESION MAXIMA: 40 bar            TIPO DE SONDA: Single cable Ø 2mm /0.078" Max 35m / 114.83ft            CONTRAPESO: Counterweight Ø14mm /0.55"x100mm / 3.94" (Single cable Ø 2 mm / 0.078 inch)            TEMPERATURA: Standard / -40 +150°C/40 Bar            SELLOS: Viton GLT            CONEXIÓN A PROCESO: ANSI B16.5 2" 150lb            SALIDA: 2x 4-20 mA (HART) Interface            CONEXIÓN ELÉCTRICA: 2 X ½" NPT            PANTALLA: Ingles (segundo lenguaje español)            ENCERRAMIENTO: IP66. Caja de aluminio            ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA: 24 VDC con retro-alimentación            OPCIONES ESPECIALES: No aplica</p> <p><b>NOTA</b>            REVISAR LAS CONSTANTES DIELECTRICAS DEL JET A1 UTILIZADO QUE DEBA SER DE 1.8 O SUPERIOR. REVSAR LONGITUDES EXACTAS PARA LA SONDA Y LA ALTURA DEL MANHOLE DONDE SERA INSTALADO, YA QUE EL PRECIO PUEDE VARIAR DEPENDIENDO DE LA LONGITUD.</p>	1	5.950	5.950



Página 3

EQUIPOS, SISTEMAS Y SERVICIOS PARA MANEJO Y CONTROL DE FLUIDOS  
 CENTRO INDUSTRIAL Y EMPRESARIAL CIEM OIKOS DE OCCIDENTE VIA BOGOTÁ -- SIBERIA KM. 2,5, 900 MTS ENTRADA A PARCELAS, BODEGA 01  
 Of. 313 Pbx: (571)7433799 Fax: (571)7433799 OPC. 9 Cel: (57)3153450825 E-Mail: syz@syz.com.co

1. OFERTA TECNICA Y/O COMERCIAL					
IT	DESCRIPCIÓN	CNT	PRECIO US\$		
			UNIT	TOTAL	
2	<p><b>TANQUES 9,15MTS Y 9,14MTS MEDICION DE INTERFACE</b>  <u>Ref. VF770652070310120092 de HYCONTROL</u></p> <p>Medidor de nivel tipo radar con sonda guiada. La tecnología TDR (Reflectometría de dominio temporal) para medición de niveles por microondas guiadas, transmite un impulso de radar por el cable, el tiempo que la señal de retorno necesita para su recorrido, varía debido a que el circuito abierto o cortocircuitado presenta impedancias diferentes. La serie VF de los productos TDR es ideal para la medición de líquidos, polvos y gránulos a un rango de 60 m. No se ve afectado por presión, temperatura, viscosidad, vacío, espuma, polvo, cambios en la constante dieléctrica o recubrimiento de la sonda, la serie VF puede medir prácticamente cualquier producto ya sea en directo o el modo TBF utilizando cualquiera de sus siete tipos de sonda.</p> <p><u>ESPECIFICACIONES TECNICAS</u></p> <p>SERIE: Reflex VF Series Two Wire extended range TDR            ALTURA TANQUE: 9.15 m            PRODUCTO: Jet A1 constante dieléctrica 1.8            LONGITUD DE LA SONDA: 9.2 m            APROBACION: FM XP Cl. 1 Div.1Gr A G Dual seal (Up to 150C)            MATERIAL SONDA: Acero inoxidable 316L/40 Bar            PRESION MAXIMA: 40 bar            TIPO DE SONDA: Single cable Ø 2mm /0.078" Max 35m / 114.83ft            CONTRAPESO: Counterweight Ø14mm /0.55"x100mm / 3.94" (Single cable Ø 2 mm / 0.078 inch)            TEMPERATURA: Standard / -40 +150°C/40 Bar            SELLOS: Viton GLT            CONEXIÓN A PROCESO: ANSI B16.5 2" 150lb            SALIDA: 2x 4-20 mA (HART) Interface            CONEXIÓN ELÉCTRICA: 2 X ½" NPT            PANTALLA: Ingles (segundo lenguaje español)            ENCERRAMIENTO: IP66. Caja de aluminio            ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA: 24 VDC con retro-alimentación            OPCIONES ESPECIALES: No aplica</p> <p><u>NOTA</u>            REVISAR LAS CONSTANTES DIELECTRICAS DEL JET A1 UTILIZADO QUE DEBA SER DE 1.8 O SUPERIOR. REVSAR LONGITUDES EXACTAS PARA LA SONDA Y LA ALTURA DEL MANHOLE DONDE SERA INSTALADO, YA QUE EL PRECIO PUEDE VARIAR DEPENDIENDO DE LA LONGITUD.</p>	  	2	6.050	12.100

1. OFERTA TECNICA Y/O COMERCIAL				
IT	DESCRIPCIÓN	CNT	PRECIO US\$	
			UNIT	TOTAL
3	<p><b>OPCIONAL</b> <i>Ref. HYC-3600-00/SI 03 de HYCONTROL</i></p> <p>Indicador digital altamente preciso y estable. Unidades de ingeniería son mostradas en LED rojos de alta eficiencia para una fácil lectura. El display puede ser configurado para mostrar un número fijo de lugares decimales o auto-escalable para mostrar la máxima resolución.</p> <p><b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:</b>  <b>ENTRADA:</b> 4 - 20 mA y retransmisión 4-20mA  <b>ALIMENTACIÓN:</b> 90 - 253 VAC 50/60Hz  <b>INDICACIÓN:</b> 4 Led Rojos  <b>ENCERRAMIENTO:</b> IP65, Montaje en panel  <b>RATINGS:</b> AC DC  <b>MAXIMUM LOAD:</b> 5A@250V 5A@30V  <b>MAXIMUM POWER:</b> 1750VA 210W  <b>MAXIMUM SWITCHING:</b> 253V 125V  <b>VIDA ELECTRICA:</b> 105 Operaciones con carga nominal  <b>VIDA MECANICA:</b> 50 millones de operaciones</p> <p><b>NOTA:</b> Este indicador está en la capacidad de suministrar el voltaje de operación necesario para los medidores nivel</p> 	3	650	1.950
4	<p><b>OPCION CON 2" 150lb RF ANSI B16.5 MEDICION DE NIVEL</b> <i>Ref. VG770P00070010120 de HYCONTROL</i></p> <p>Medidor de nivel tipo radar con antena tipo Drop. La tecnología FMCW (Onda Continua de Frecuencia Modulada) usa una señal de alta frecuencia nominal de 26GHz la cual incrementa linealmente durante la medición. La señal emitida es reflejada desde los niveles de la superficie del material y recibida a una frecuencia con un tiempo de retardo. Calcula esta diferencia y esta es directamente proporcional a la distancia medida. La serie VG de los productos FMCW no son afectados por presión, temperatura, viscosidad, vacío, espuma, polvo o cambios en la constante dieléctrica a un rango de 80 m.</p> <p><b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>  <b>SERIE:</b> Reflex VG Series FMCW  <b>PRODUCTO:</b> Minima constante dieléctrica 1.5  <b>MAXIMA ALTURA DEL TANQUE EN LIQUIDOS:</b> 80m  <b>ENCERRAMIENTO:</b> IP 65/67. Caja de aluminio  <b>ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA:</b> 24 VDC  <b>MATERIAL Y TIPO DE Sonda:</b> PTFE DN80 Drop Antenna  <b>TEMPERATURA:</b> Standard -40/+200°C  <b>SELLOS:</b> Viton  <b>CONEXIÓN A PROCESO:</b> Acero inoxidable 316L 2" 150lb RF ANSI B16.5  <b>PRESION MAXIMA:</b> 40 bar  <b>SALIDA:</b> 4-20 mA (HART)  <b>CONEXIÓN ELÉCTRICA:</b> 2x 1/2" NPT  <b>EXACTITUD:</b> +/-3mm  <b>APROBACION:</b> FM XP CI 1, II, III Div.1,2 Gr A-G Dual Seal  <b>NOTA:</b>  <b>CONFIRMAR QUE LAS CONSTANTES DIELECTRICAS DE LOS PRODUCTOS SEAN SUPERIORES A 1.5</b></p> 	3	5.800	17.400
<b>SUBTOTAL</b>				37.400

**2. DESVIACIONES DE LA OFERTA**

Se presenta un sensor Radar en PTFE.

**3. DOCUMENTOS ADJUNTOS A LA OFERTA**

Se adjuntan los siguientes documentos:

- Brochure.
- Manuales de instalación y operación.

<b>4. TERMINOS Y CONDICIONES DE NEGOCIACIÓN</b>	
<b>VALIDEZ</b>	10 días
<b>TIEMPO DE ENTREGA</b>	De 7 a 9 semanas. Tiempos válidos desde la fecha de recibo, aceptación de la orden de compra del cliente y anticipo por parte de SYZ COLOMBIA S.A.S.
<b>SITIO DE ENTREGA</b>	En sus instalaciones DDP Bogotá libre de descargue
<b>MONEDA Y TASA DE CAMBIO</b>	Precios en dólares americanos liquidables a la TRM fecha recibo y aceptación de la orden de compra del cliente por parte de SYZ COLOMBIA S.A.S.
<b>PAGO</b>	30 Días fecha de factura
<b>DESCUENTO</b>	Los precios ya incluyen el 10% de descuento
<b>IMPOVENTAS</b>	Agregar IVA vigente a la fecha factura
<b>CANCELACIONES</b>	La cancelación de órdenes de compra pueden acarrear sanciones de acuerdo a los compromisos establecidos con las fábricas de acuerdo al estado del proceso de fabricación de la siguiente manera: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0% del valor de la orden de compra en las 24 horas siguientes a la aceptación de la orden por parte de SYZ COLOMBIA,</li> <li>• 25% del valor de la orden después de 24h de la confirmación de recibido de la orden de compra y hasta la confirmación de recibido de fábrica de la orden de compra.</li> <li>• 50% entre fabricación del equipo y antes del despacho de fábrica</li> <li>• 75% una vez ha sido despachado de fábrica y se encuentra en proceso de nacionalización</li> <li>• 100% si los equipos ya esta nacionalizados y/o en las instalaciones de SYZ COLOMBIA o del cliente.</li> </ul>
<b>SERVICIOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los precios de los productos cotizados no incluyen ningún costo de mano de obra por servicios de asesoría, instalación, programación, puesta en marcha o cualquiera relacionado.</li> <li>• Los servicios que se presten se facturarán independientemente.</li> </ul>
<b>MEDIOS DE PAGO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Favor consignar a nombre de SYZ COLOMBIA SAS Nit. 830.144-243-2 en las siguientes cuentas: Cuenta Corriente Bancolombia No. 22719022135 Cuenta Corriente Davivienda No. 03869998603 Cuenta Corriente Banco de Bogotá No 327000154</li> </ul>
<b>NOTAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las imágenes pueden no corresponder exactamente a los productos cotizados</li> <li>• La entrega se confirmará con la disponibilidad de la fábrica una vez puesta la orden de compra.</li> <li>• Precios válidos solamente para las cantidades especificadas</li> <li>• A medida que se vayan entregando los equipos, se ira realizando facturación parcial de los mismos.</li> <li>• El recibo de una orden de compra formal o aceptación del cliente confirma la aceptación formal de las condiciones estipuladas en la presente cotización</li> <li>• EN SU ORDEN DE COMPRA POR FAVOR ESPECIFIQUE EL NÚMERO DE COTIZACIÓN QUE ACEPTA</li> </ul>

**5. TERMINOS DE GARANTIA**

- Garantía de 12 meses a partir de la fecha de entrega por defectos de fabricación
- Para equipos y suministros con terminos de entrega ExWorks, FOB, FCA y DAP, la garantía será la directa de fábrica y en este caso el cliente o comprador se encargará del proceso de envío del equipo a fábrica y de los gastos que esto genere como transporte y nacionalización.
- Para equipos y suministros con terminos de entrega DDP, el cliente o comprador enviará el equipo defectuoso a las instalaciones de SYZ COLOMBIA SAS, previa coordinación con el departamento de Servicios.
- La garantía hace referencia a la mano de obra asociada al diagnóstico, reparación y repuestos (de ser el caso) en las instalaciones de SYZ COLOMBIA SAS, para trabajo en campo o planta, el cliente o Comprador debe cubrir los costos asociados a transporte, hoteles y alimentación.



GSPT-FO-01-01

**NO HACEN PARTE DE LA GARANTIA:**

- Cualquier deterioro o falla del equipo o sistema debido a instalaciones eléctricas no adecuadas o mala operación o por fuera de las condiciones establecidas en la selección, condiciones ambientales, construcciones o trabajos externos al sistema que lo deterioren.
- Equipos y sistemas de nuestras fabricas representadas que no sean comprados directamente a través de SYZ COLOMBIA SAS, no están incluidos en esta garantía.
- Para la validez de la garantía, el equipo o sistema debe ser instalado y mantenido según las condiciones indicadas en el manual de instalación, operación y mantenimiento de dicho equipo suministrado o publicado en la página WEB por el fabricante o SYZ COLOMBIA SAS. Daños y fallas de funcionamiento provocados por omisión de dichas recomendaciones NO están incluidos dentro de la garantía.

**6. LIMITE DE RESPONSABILIDAD**

El VENDEDOR no será responsable por daños o perjuicios causados por el retraso para funcionar. La responsabilidad está limitada a la reparación, corrección, reemplazo o reembolso del precio de compra mediante una nota crédito de acuerdo con las cláusulas de garantía limitada anteriores. Bajo ninguna circunstancia sin importar el tipo de reclamo o causa, la responsabilidad del vendedor excederá el precio pagado por el comprador o cliente por los bienes manufacturados o los servicios prestados por el vendedor.

El comprador esta de acuerdo que bajo ninguna circunstancia el vendedor será responsable ante el comprador o sus clientes por pérdidas causadas por retrasos, pérdidas de ganancias anticipadas, pérdidas ocasionadas por la no disponibilidad de maquinaria y equipos o pérdidas ocasionadas por costo de capital.

Página 7

**EQUIPOS, SISTEMAS Y SERVICIOS PARA MANEJO Y CONTROL DE FLUIDOS**  
CENTRO INDUSTRIAL Y EMPRESARIAL CIEM OIKOS DE OCCIDENTE VIA BOGOTÁ – SIBERIA KM. 2,5, 900 MTS ENTRADA A PARCELAS, BODEGA 01  
Of. 313 Pbx: (571)7433799 Fax: (571)7433799 OPC. 9 Cel: (57)3153450825 E-Mail: syz@syz.com.co

## ANEXO C. OFERTA TÉCNICA Y ECONÓMICA EMPRESA CERTERIAN.

cuando un legado es importante



Bogotá D.C., Mayo 31 de 2012

Señores  
RCH CONSTRUCTORES ASOCIADOS S.A.  
Atn. Arquitecto Jaime Enrique Cervantes Díaz  
La ciudad

Respetados Señores,

De manera atenta damos alcance a su solicitud de cotización del Proyecto Medición Automática de Combustible para la Fuerza Aérea en CACOM 1.

Esta cotización contempla los equipos, infraestructura, instalación y puesta en funcionamiento del sistema de medición y monitoreo de combustible, al igual que el soporte y servicio postventa; igualmente, se anexa una información general de nuestro sistema, con el propósito que conozcan las capacidades, facilidad de instalación, experiencia y garantías que ofrece este equipo y nuestra propuesta; todo lo anterior quedara incluido en el acuerdo contractual al que se llegue.

Agradecemos su interés en nuestra compañía y su solución técnica y quedamos atentos a requerimientos adicionales. Por favor comunicarse a los teléfonos 3204891594, 2362966 o al correo [lcancino@certerian.com](mailto:lcancino@certerian.com).

Cordialmente,

  
CR (r) CARLOS E. SALGADO R.  
DIRECTOR EJECUTIVO  
CERTERIAN/ROLEN S.A.

Unidad de Negocios **arolen**

Certerman / Arolen S.A.  
Av. El Dorado No. 116-23 piso 4  
Tel: (57) 336 2966  
Fax: (57) 621 8434  
Bogotá - Colombia  
[www.certerman.com](http://www.certerman.com)

Cotización:

PROYECTO AUTOMATIZACIÓN DE LA MEDICIÓN DEL COMBUSTIBLE DE AVIACIÓN EN LAS UNIDADES AÉREAS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	SENSORES DE NIVEL	UND	3	\$ 40.520.000	\$ 121.560.000
2	INDICADORES DE NIVEL ZONA TANQUES	UND	3	\$ 4.018.000	\$ 12.054.000
3	SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS	UND	1	\$ 17.597.800	\$ 17.597.800
4	TARJETA DE ADQUISICIÓN	UND	1	\$ 11.166.000	\$ 11.166.000
5	INTERFAZ DE COMUNICACIÓN	UND	1	\$ 2.242.500	\$ 2.242.500
6	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	UND	1	\$ 1.308.200	\$ 1.308.200
7	COFRE ELECTRICO CABLEADO	UND	1	\$ 2.149.200	\$ 2.149.200
8	INGENIERIA MONTAJE DE SENSORES Y CABLEADO	UND	1	\$ 66.912.700	\$ 66.912.700
9	PC PARA MANEJO DE SOFTWARE	UND	1	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
10	CONFIGURACION DE INSTRUMENTACION, INSTALACION SOFTWARE	No	1	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000
11	CAPACITACION	No	1	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
12	TRANSPORTE MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE INSTALACION DEL SISTEMA	No	1	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
13	VISITAS SOPORTE	No	2	\$ 1.500.000	\$ 3.000.000
<b>SUBTOTAL</b>					<b>240.000.000</b>
<b>IVA</b>					<b>38.400.000</b>
<b>VALOR TOTAL COTIZACION</b>					<b>278.400.000</b>

NOTA: Los precios cotizados están en pesos Colombianos

## Proyecto Automatización de la Medición de Combustibles de Aviación para las Unidades Aéreas de la FAC

Arolen a través de sus Unidades de Negocios Carterian (Sistemas Tácticos) y Aster Energy (Energía Verde) desarrolla proyectos de medición de tanques de almacenamiento de hidrocarburos y combustibles, incluyendo radares, sensores (nivel, capacidad, flujo, etc.) redes scada, telemetría remota y comunicación (satelital, radio, GSM, etc.) para centralizar la información geográficamente dispersa de unidades de almacenamiento a nivel nacional. Igualmente integra y desarrolla soluciones de software tipo "tailor-made", proporcionando verdaderos proyectos llave-en-mano, que permiten disponer de información en tiempo real, como ventaja competitiva en la toma de decisiones.

Para el caso de la Fuerza Aérea Colombiana, estamos en capacidad de diseñar, configurar, instalar y mantener, un sistema nacional de medición, que permita a los usuarios autorizados conocer en detalle la cantidad de combustible disponible en cada Unidad, así como un completo historial de las salidas y entradas de este importante insumo. La finalidad de un sistema de este tipo es ofrecer una solución de alta precisión que permite la medición de niveles de tanques permanentemente, con funciones de inventario, transferencia y minimización de pérdidas, presentando la información inmediata en el Centro de Comando y Control de Operaciones de la Base Aérea (CCOBA), Centro de Comando y Control de Operaciones de la Fuerza Aérea (CCOFA) y Dirección de Combustibles de Aviación (DICOA).

Dentro de las ventajas de disponer de un sistema de medición de combustible automatizada en la Fuerza Aérea podemos mencionar:

1. Conocimiento y control permanente de las cantidades de combustible, para la toma de decisiones por parte del Alto Mando en el desarrollo de operaciones aéreas.
2. El retorno de la inversión (ROI) es típicamente de 24 meses; es decir, el proyecto se paga solo.
3. Disponer de una herramienta predictiva de planeación de adquisición y movimiento de combustibles, basado en información histórica real, la cual se va a ir construyendo a lo largo del tiempo y del desarrollo de operaciones aéreas de cada una de las Unidades Aéreas, en este caso del CACOM 1.

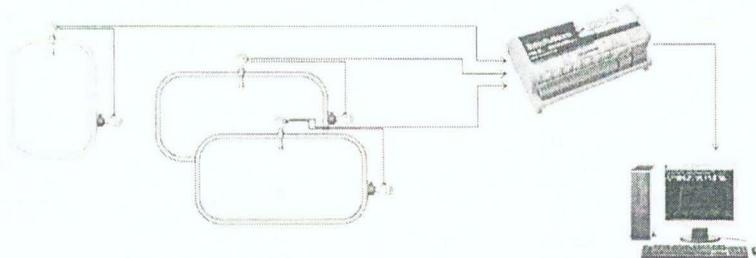
### INFORMACION GENERAL DEL SISTEMA



cuando un legado es importante



A continuación mencionamos algunas de las capacidades y bondades de nuestra solución técnica:



- a. El sistema cotizado pretende tomar la lectura de nivel de los tres tanques para enviar la información a un cuarto de control donde se pueda monitorear y almacenar el valor de dicho nivel. El sistema se desglosa de la siguiente manera:

- i. Sensor de Nivel marca Vega

Principio de Funcionamiento Básico: Un oscilador de alta frecuencia (HF) genera una señal de microondas básica de 26 GHz seguido a esto un generador de impulsos de onda que entrega una frecuencia de 3,6 Mhz transmite por la antena la alta frecuencia original; en resumen, desde la antena del sensor de radar se emiten impulsos cortos de radar con una duración aproximada de 1 nanosegundo. Dichos impulsos son reflejados por el producto y captados en forma de ecos por la antena.

El tiempo de duración de los impulsos de radar desde la transmisión hasta la recepción es proporcional a la distancia y de esta forma a la altura de llenado. La altura de llenado determinada de esta forma se transforma en una señal de salida correspondiente y emitida como valor medido.

- ii. Indicador de Nivel marca Vega.

Este equipo se encargará de mostrar el valor de nivel de cada tanque de forma local, es decir en el mismo lugar donde se dejará instalado el Tanque, esto con el fin de que el operador pueda en cualquier momento consultar el valor de llenado sin movilizarse hasta el cuarto de control.

- iii. Tarjeta de adquisición de datos marca Intech.

Esta tarjeta electrónica permite tomar la señal entregada por los sensores para poder ser enviadas al computador manejando alta resolución en la información, así como un protocolo de comunicación industrial segura y confiable.

Unidad de negocios **arolen**

Certerian / Arolen S.A.  
 Av. Colón 52 No. 43, piso 4  
 Tel: (57) 236 2966  
 Fax: (57) 421 6434  
 Bogotá - Colombia  
 www.certerian.com

- iv. SCADA: Software de adquisición, monitoreo y control de datos, marca Intech

Este software se encarga de tomar la información entregada por la tarjeta de adquisición para visualizar en un computador el comportamiento de la variable medida.

b) Capacidades

- a. Es posible monitorear los datos en tiempo real del sistema en un computador, y permite la posibilidad de exportar los datos en EXCEL, para su posterior análisis.
- b. Gráficas históricas.
  - i. Pantalla multicolor analógica y digital
  - ii. Seguimiento en pantalla, muestra los valores señalados
  - iii. Escala del gráfico y la base de tiempo ajustable
  - iv. Zoom de apoyo
  - v. Registro de alta velocidad.
  - vi. Registros automáticos y gráficos
  - vii. Fácil de leer los datos en tiempo real.
  - viii. Flexibilidad: Diseño y aplicación de Mímicos (Imágenes de representación del proceso), es sólo limitado por la imaginación.
  - ix. DDE- Intercambio dinámico de datos
  - x. Capacitación Completa acerca del manejo y funcionamiento de los sensores y del software.

c) Que tan robusto es el sistema

- a. Debido a la alta tecnología empleado por la instrumentación implementada, el sistema operará bajo las más duras condiciones climáticas previsible, la tecnología de radar permite que la medición del sensor no se vea afectado por cambios drásticos de temperatura, generación de gases dentro de los tanques, polución, cambio de densidad, dureza o impurezas.
- b. El sistema consta de un protocolo de comunicación industrial robusto, lo que impide la posibilidad de pérdida de datos durante su proyección digital.
- c. El software utilizado es basado en Windows, por lo tanto esto lo hace completamente estable y seguro garantizando su correcto funcionamiento por periodos continuos las 24 horas del día.

d) Facilidad de instalación

- a. Teniendo en cuenta que la instalación será realizada por personal capacitado para este fin, este punto no debería ser relevante ya que es una instalación industrial segura, sin embargo: respecto al software este no tienen ningún inconveniente relacionado a la

instalación, ahora los sensores tampoco son problema puesto que son de una conexión roscada estándar a nivel industrial como lo requiere el proyecto. En resumen no presta mayor inconveniente en este requerimiento.

- e) Garantías y servicio posventa
  - a. Todos los equipos (daño eléctrico o fallas relacionadas a defectos de fabricación) tienen garantía de un año; respecto a soporte post Venta esto es de por vida, ya que contamos con un departamento diseñado y designado para este fin exclusivamente.
  - b. Es importante dejar muy en claro que somos representantes de las marcas ofertadas, por tal motivo cuenta con apoyo directo sobre cualquier requerimiento técnico relacionado a los equipos.
- f) Mantenimiento
  - a. Los sensores son libres de mantenimiento ya que no tienen contacto directo con el combustible, el resto de equipos dependen únicamente de la zona donde sean instalados, quiere decir que bastaría una limpieza para dar un mantenimiento preventivo.
  - b. Ahora de todas formas podemos ofrecer el servicio de mantenimiento cuando sea requerido o estrictamente necesario.
  - c. En conclusión cobijamos no solo con la garantía sino todo lo relacionado a la vida útil de cada equipo que hace parte de la oferta enviada.
- g) Respaldo inmediato
  - a. Nuestra compañía prestara apoyo permanente en caso de presentarse alguna novedad con el sistema.
- h) Experiencia en medición de combustible Jet A1 en Colombia y en el exterior
  - a. Somos una empresa que tiene una trayectoria industrial nacional de 20 años, además la instrumentación utilizada es basada en la experiencia e investigación de más de 50 años por la empresa fabricante VEGA, la cual cobija casi el 40% de la instrumentación de nivel en toda Europa.

Europe	América	Africa/Middle East	Asia	Australia/New Zealand
Austria	Argentina	Algeria	China	Australia
Belgium (FR)	Brazil	Bahrain	Hongkong	New Zealand
Belgium (NL)	Canada	Egypt	India	
Bulgaria	Chile	Iran	Indonesia	
Bulgaria	Colombia	Iraq	Japan	
Croatia	Ecuador	Israel	Kazakhstan	
Czech Republic	Mexico	Jordan	Korea	
Denmark	Peru	Kuwait	Malaysia	
Estonia	USA	Lebanon	Pakistan	
Finland	Venezuela	Libya	Philippines	
France		Morocco	Singapore	
Germany		Oman	Taiwan	
Greece		Qatar	Thailand	
Hungary		Saudi Arabia	Vietnam	
Italy		South Africa		
Latvia		Syria		
Lithuania		Tunisia		
Luxembourg		United Arab Emirates		
Macedonia		Yemen		
Moldova				
Netherlands				
Northern Ireland				
Norway				
Poland				
Portugal				
Republic of Ireland				
Romania				
Russia - Moscow				
Serbia				
Slovakia				
Slovenia				
Spain				
Sweden				
Switzerland (DE)				
Switzerland (FR)				
Switzerland (IT)				
Turkey				
Ukraine				
United Kingdom				

- b. La instrumentación utilizada se basa en las características químicas del medio, específicamente la constante dieléctrica que tenga, por tal motivo para el proceso seleccionado el sensor operará correctamente, ya que nuestra estudio, experiencia e ingeniería tiene instalados sensores para la medición de nivel en el sector de hidrocarburos (el sector más exigente a nivel técnico en requerimientos para el proceso industrial) donde esta característica física: la constante dieléctrica es igual o inferior a la de combustible JET-A1, específicamente se encuentran instalados nuestros sensores en petroleras como HALLIBURTON, donde tenemos 30 sensores para la medición de nivel crudo y Low tox, en PETROBRAS donde medimos el nivel del sistema de lavado de crudo llamado Gum Barrel, Schlumberger en el sistema de tratador electrostático para la separación de crudo, en Ecopetrol Cartagena y Bucaramanga, además tenemos instalación de sensores en infinidad de aplicaciones donde el sensor se somete a las más duras condiciones de proceso: temperaturas de más 300 grados Celsius, medición de nivel bajo condiciones de vacío absoluto y presiones de más de 6 bares en reactores. Esta experiencia nos permite ofrecer con seguridad que la instrumentación ofertada es la indicada para el proceso de control de combustible de aviación de Nuestra Fuerza Aérea Colombiana



cuando un legado es importante



- i) Disponibilidad de equipos y repuestos en Bogotá (stocks)
  - a. Todos los equipos ofertados se mantienen en stock, por tal motivo en caso de ser necesario cambio o repuestos, estos se encuentran disponibles para entrega inmediata.

unidad de negocios **aralen**

Carterian / Aralen S.A.  
Ave. Calle 62 No. 10-13 piso 4  
Tel: 571-290-2906  
Fax: 571-961-8808  
Bogotá - Colombia  
[www.carterian.com](http://www.carterian.com)

# ANEXO D. OFERTA TÉCNICA Y ECONÓMICA EMPRESA INSURCOL LTDA.

S.I.L. Safety Integrity Level



**INSURCOL LTDA.**

Ingeniería, Suministros  
y Representaciones de Colombia Ltda.

RCH CONSTRUCTORES

**"SUMINISTRO TELEMETRIA HONEYWELL ENRAF"**

**NUESTRA COTIZACIÓN: INS-71033-2011**

**PROPUESTA TECNICO - COMERCIAL**

2012

**"CALIDAD Y CONFIABILIDAD A SU SERVICIO"**

WebPage: [www.insurcol.com](http://www.insurcol.com)  
E-mail: [insurcol@ppm.net.co](mailto:insurcol@ppm.net.co)  
Oficina principal Calle 41 No 21 - 32  
Bucaramanga, Colombia  
PBX (097) 6700100 A.A. 4204  
Fax (097) 6422870



WebPage: [www.insurcol.com](http://www.insurcol.com)  
E-mail:  
[instrumentacionbogota@insurcol.com](mailto:instrumentacionbogota@insurcol.com)  
Carrera 13 No. 35-75  
Bogota, Colombia  
Teléfono (091) 2894240

AMETEK

PRESO



Honeywell Enraf

mangiarotti



TOSHIBA  
Leading Innovation



tyco



ARJAY



LEONI

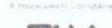


Progress instrumentation

SERVOMEX



MAXON



TLV

lectrus



REPCON



VALVE



Tirex



DDT

QUEST



QUEST



INSURCOL LTDA.

Ingeniería, Suministros  
y Representaciones de Colombia Ltda.

Calidad Certificada y Confiablez a su Servicio

Bucaramanga, 31 de Mayo de 2012

Señores:  
RCH CONSTRUCTORES  
Att: Ing. Oscar Moreno  
BOGOTÁ - COLOMBIA

REF.: "SUMINISTRO TELEMETRIA HONEYWELL ENRAF"

NUESTRA COTIZACIÓN: INS-71033-2012

Apreciados Señores:

INSURCOL LTDA, presenta la siguiente propuesta para participar en el Proceso de Selección de la referencia.

CONDICIONES COMERCIALES:

VALIDEZ DE LA OFERTA:	30 DÍAS
FORMA DE PAGO:	50% ANTICIPO Y 50% ANTES DE ENTREGA
SITIO DE ENTREGA EQUIPOS:	DDP BOGOTÁ
TIEMPO DE ENTREGA EQUIPOS:	VER NOTA

NIT: 800.042.972-6  
NÚMERO DE RADICACIÓN: 04-0427-20  
SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES. AGENTE RETENEDOR DE IVA

NOTAS IMPORTANTES:

- PRECIOS EN PESOS COLOMBIANOS
- ESTA OFERTA NO INCLUYE IVA. SE COBRARÁ EL IVA VIGENTE EL DIA DE FACTURACION.
- EL ALCANCE DE ESTA COTIZACIÓN INCLUYE SOLAMENTE LA DOCUMENTACIÓN ESPECIFICADA. COMO CERTIFICADO DE PRUEBAS DE FABRICA STANDARD. CUALQUIER REQUERIMIENTO ADICIONAL REFERENTE A CERTIFICADOS DE CALIDAD, PRUEBAS FAT ENTRE OTRAS. TENDRÁN UN VALOR ADICIONAL.
- TIEMPO DE ENTREGA DE EQUIPOS: 16 SEMANAS PARA LOS TELEMETRICOS, EL TIEMPO DE ENTREGA SERA EFECTIVO DESPUES DE ACLARADAS TODAS LAS CONDICIONES TECNICAS COMERCIALES DE LA ORDEN DE COMPRA.
- INSURCOL LTDA. CUENTA CON PERSONAL ALTAMENTE CALIFICADO, MOTIVADO Y CAPACITADO PARA OFRECER LOS SERVICIOS DE INSTALACIÓN, PUESTA EN MARCHA Y MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS SUMINISTRADOS.



CERTIFICACION RUC DEL  
CONSEJO COLOMBIANO  
DE SEGURIDAD

BUARAMANGA: Calle 41 No. 21-32  
PBX: 6700100 Fax: 6422670  
Tel: 6337400 A.A. 4204  
bucaramanga@insurcol.com

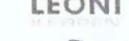
Web Site:  
www.insurcol.com

BOGOTÁ: Carrera 13 No. 35 - 75  
Tels: 285 4240 - 285 5995 - 287 0866 - 287 0125 - 287 0132  
upsbogota@insurcol.com  
instrumentacionbogota@insurcol.com

AMETEK®



Honeywell Enraf



# INSURCOL LTDA.

Ingeniería, Suministros  
y Representaciones de Colombia Ltda.

Calidad Certificada y Confiabilidad a su Servicio



CERTIFICACION RUC DEL  
CONSEJO COLOMBIANO  
DE SEGURIDAD

- EL CLIENTE DEBE VERIFICAR QUE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO COTIZADO SE AJUSTAN A SUS NECESIDADES. CUALQUIER DIFERENCIA O AJUSTE EN LAS VARIABLES DEBE SER INDICADO PARA VALIDAR LA COTIZACIÓN.
- AL MOMENTO DE REALIZAR LA ORDEN DE COMPRA, EL CLIENTE DEBERÁ CONFIRMAR LAS ALTURAS DE LOS TANQUES Y LA LONGITUD DE LAS FACILIDADES MECANICAS DE LOS LUGARES DONDE SERÁN INSTALADOS LOS SISTEMAS DE TELEMETRÍA RELACIONADOS EN ESTA COTIZACIÓN.

- ORIGEN DE LOS MATERIALES: HOLANDA

INSURCOL LTDA ES EL REPRESENTANTE EXCLUSIVO PARA COLOMBIA DE HONEYWELL ENRAF.

### NOTA IMPORTANTE:

- EL ALCANCE DE ESTA COTIZACIÓN INCLUYE SOLAMENTE LA DOCUMENTACIÓN ESPECIFICADA: **CERTIFICADO DE PRUEBAS DE FABRICA STANDARD**. CUALQUIER REQUERIMIENTO ADICIONAL REFERENTE A CERTIFICADOS DE CALIDAD, PRUEBAS ENTRE OTRAS TENDRÁN UN VALOR ADICIONAL.
- ESPERAMOS QUE ESTA PROPUESTA CUMPLA SATISFACTORIAMENTE SUS NECESIDADES. EN CASO CONTRARIO LE ROGAMOS ENCARECIDAMENTE NOS INFORME SU DECISIÓN FINAL AL EMAIL: [INSURCOL@UNE.NET.CO](mailto:INSURCOL@UNE.NET.CO); ESTO NOS AYUDA A MANTENER NUESTRO SISTEMA DE CALIDAD ISO 9001:2008.
- SI TIENE ALGUNA QUEJA O RECLAMO DE LA PRESENTE COTIZACIÓN, FAVOR INGRESAR A LA PÁGINA: [HTTP://WWW.INSURCOL.COM](http://www.insurcol.com); DONDE PODRÁ DILIGENCIAR SUS COMENTARIOS.

**CONFIDENCIALIDAD.-** La persona jurídica o natural que acepte la oferta, acepta igualmente mantener bajo reserva absoluta todos los documentos, procesos técnicos, administrativos o de calidad, desarrollos de ingeniería, planos, programas de software, o cualquier información de la empresa oferente, INSURCOL LTDA., a los cuales tenga acceso durante el cumplimiento del contrato. Todo desarrollo adicional que se obtenga durante el cumplimiento del contrato producto de la oferta aceptada es de propiedad exclusiva de INSURCOL LTDA., y como tal el aceptante de la oferta no podrá hacer uso de ella. Esta cláusula de confidencialidad obliga al aceptante de la oferta, durante el término de ejecución de contrato y hacia el futuro en forma indefinida, a no utilizar para si o para un tercero, revelar, divulgar, exhibir, comunicar, vender, publicar o reproducir la información que reciba con ocasión del cumplimiento del contrato que resultare como producto de la aceptación de la oferta. **PARAGRAFO.-** En caso de incumplimiento de las obligaciones de confidencialidad que corresponden al aceptante de la oferta, éste se obliga a indemnizar a INSURCOL LTDA de los perjuicios que le ocasione con la violación de la reserva. **SANCIÓN POR CANCELACIÓN DE LA ORDEN DE COMPRA.-** El contrato se entiende irrevocablemente celebrado una vez se recibe la orden de compra, porque ésta constituye aceptación de la oferta emitida por parte de INSURCOL LTDA. Por consiguiente, si el comprador comunica a INSURCOL LTDA, su voluntad de no continuar con el negocio, es decir, comunica que retira la orden de compra, se considera que este acto constituye incumplimiento de las

BUCAMANGA: Calle 41 No. 21-32  
PBX: 6700100 Fax: 6422870  
Tel: 6337400 A.A. 4204  
[bucaramanga@insurcol.com](mailto:bucaramanga@insurcol.com)

Web Site:  
[www.insurcol.com](http://www.insurcol.com)

BOGOTÁ: Carrera 13 No. 35 - 75  
Tels: 285 4240 - 285 5995 - 287 0866 - 287 0125 - 287 0132  
[upsbogota@insurcol.com](mailto:upsbogota@insurcol.com)  
[instrumentacionbogota@insurcol.com](mailto:instrumentacionbogota@insurcol.com)

AMETEK®

PRESO



Honeywell Enraf

mangiarotti



TOSHIBA  
Leading Innovation

DOMAR

tyco



ARJAY

HEAT

LEONI

SOR  
Procesos Industriales

SERVOMEX

AV

MAXON  
A Honeywell Company

TLV  
TELETERMINAL CONTROL

lectrus

REPCON

KAY

finje

DDT

QUEST

QUEST

QUEST



**INSURCOL LTDA.**

Ingeniería, Suministros  
y Representaciones de Colombia Ltda.

Calidad Certificada y Confiabilidad a su Servicio



CERTIFICACION RUC DEL  
CONSEJO COLOMBIANO  
DE SEGURIDAD

obligaciones asumidas por el comprador y se constituirá en acreedor de INSURCOL LTDA, en una suma equivalente al TREINTA POR CIENTO (30%) del valor del contrato producto de la oferta aceptada a través de la orden de compra. Esta suma será exigible a favor de contratante cumplido, INSURCOL LTDA., y a cargo del contratante incumplido, quien emitió la orden de compra como aceptación de la oferta y comunicó su voluntad de no continuar con el negocio, al décimo día hábil siguiente a la fecha en la que comunique a INSURCOL LTDA su voluntad de no continuar con el negocio. En este caso prestará mérito ejecutivo, la oferta comercial, la orden de compra, y la comunicación mediante la cual fue comunicada su voluntad de no continuar con el negocio.

PARAGRAFO.- En el evento que haya pago parcial o anticipo por parte del comprador, INSURCOL LTDA queda autorizado para descontar de la suma recibida el valor de la presente sanción, quedando solo obligado a restituir el saldo, previo las deducciones a que haya lugar por mano de obra, transporte, personal, adecuaciones, y demás costos en los que haya incurrido para ejecutar el contrato.

Cordialmente,

ALVARO GONZALEZ RODRIGUEZ  
REPRESENTANTE LEGAL  
INSURCOL LTDA  
CALLE 41 #21-32  
BUCARAMANGA / NIT: 800.042.972-6  
TELÉFONO: 7-6700100 / FAX: 7-642228

BUCARAMANGA: Calle 41 No. 21-32  
PBX: 6700100 Fax: 6422870  
Tel: 6337400 A.A. 4204  
bucaramanga@insurcol.com

Web Site:  
[www.insurcol.com](http://www.insurcol.com)

BOGOTA: Carrera 13 No. 35 - 75  
Tels: 285 4240 - 285 5995 - 287 0866 - 287 0125 - 287 0132  
upsbogota@insurcol.com  
instrumentacionbogota@insurcol.com

**PROPUESTA ECONÓMICA DDP BOGOTÁ  
 NUESTRA COTIZACIÓN INS-71033- 2012**

ITEM	UNIDAD	QTY	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO DDP (US)	PRECIO TOTAL DDP (US)
1	Ea	3	<p>854 ATG Servo Gauge. Honeywell Enraf  <b>W&amp;M approved:</b> No approval required  <b>Data Transmission:</b> RS-485 Standard Modbus  <b>Display:</b> 2 Lines * 16 Characters LCD  <b>I/O Options:</b> VITO temp. and/or Water sensor  <b>Product Designation:</b> Servo Gauge  <b>Pressure, Drum compartment &amp; Flange:</b> 2", 150lbs flat face, Ra=3.2-12.5um acc. To ISO 7005-1.            Maximum operating pressure is 600kPa  <b>Safety approvals:</b> FM USA  <b>Measuring range &amp; Wire Material:</b> 27m (88ft) AISI 316  <b>Main Supply:</b> 110v 50/60Hz  <b>Density measurement:</b> With Density PROMS            (Additionally required: Special density displacer)  <b>Alarms:</b> No Hardware Alarms</p> <p>Include:            815 Displacer. Honeywell Enraf.            AISI 316; weight 260g; Max. pressure 20barg; diameter: 45mm</p>	US 30,207,51	US 90,622,53
2	Ea	3	<p>762 VITO Interface. Honeywell Enraf  <b>W&amp;M Approved:</b> General Purpose  <b>Version:</b> VITO LT Interface (for VITO LT probe)  <b>Product Designation:</b> VITO Interface  <b>Entry to sensor:</b> G ½ (standard in box)  <b>Cable entry:</b> ¾" NPT, via reducer  <b>Safety Approvals:</b> FM/CSA USA/CANADA</p>	US 1,864,68	US 5,594,04
3	Ea	3	<p>767 VITO LT Temperature Probe. Honeywell Enraf  <b>W&amp;M Approved:</b> General Purpose  <b>Temperature Range:</b> Standard -55°C to +135 °C (-67°F to +275°F)  <b>Safety approvals:</b> FM USA  <b>Length Flying lead:</b> 35cm (standard)  <b>Product designation:</b> VITO temperature probe  <b>Position of lowest temperature element:</b></p>	US 5,822,39	US 17,467,17

WebPage: [www.insurcol.com](http://www.insurcol.com)  
 E-mail: [insurcol@vepmi.net.co](mailto:insurcol@vepmi.net.co)  
 Oficina principal Calle 41 No 21 - 32  
 Bucaramanga, Colombia  
 PBX (097) 6700100 A.A. 4204  
 Fax (097) 6422870

WebPage: [www.insurcol.com](http://www.insurcol.com)  
 E-mail: [bogota@insurcol.com](mailto:bogota@insurcol.com)  
 Carrera 13 No. 35-75  
 Bogotá, Colombia  
 Teléfono (091) 2854240



		Lowest element at bottom of probe Overall length in steps of 10cm: 1200cm Position of highest temperature element: 1100cm  Include: <b>TOP FLANGE. Honeywell Enraf.</b> <b>Top Flange: Flange 2" 150lbs ANSI rf. Carbon Steel ASTM A105</b>		
			TOTAL US	113.683,74

WebPage: [www.insurcol.com](http://www.insurcol.com)  
 E-mail: [insurcol@ogah.net.co](mailto:insurcol@ogah.net.co)  
 Oficina principal Calle 41 No 21 - 32  
 Bucaramanga, Colombia  
 PBX (097) 6700100 A.A. 4204  
 Fax (097) 6422870

WebPage: [www.insurcol.com](http://www.insurcol.com)  
 E-mail: [bogota@insurcol.com](mailto:bogota@insurcol.com)  
 Carrera 13 No. 35-75  
 Bogota, Colombia  
 Teléfono (091) 2854240

# ANEXO E. OFERTA TÉCNICA Y ECONÓMICA EMPRESA COLOMBIAN PETROLEUM RESOURCES CPR.

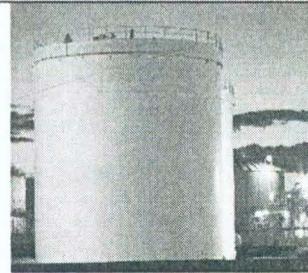
PRODUCT INFORMATION

RAPTOR TANK GAUGING SYSTEM

## 2240S Multi-input Temperature Transmitter

### BENEFITS

- Ultra-stable temperature transmitter
- Outstanding temperature conversion accuracy of  $\pm 0.05$  °C ( $\pm 0.09$  °F)
- Can connect up to sixteen 3- or 4-wire temperature elements
- Interface to water level sensor
- Communicates via a 2-wire, low voltage Tankbus for easy and safe installation



The ultra-stable high performance 2240S Multi-input Temperature Transmitter is approved for demanding custody transfer applications. The transmitter delivers very accurate temperature measurements required for precise net standard volume calculations (NSV).

2240S can connect up to sixteen temperature spot elements and an integrated water level sensor. The value from each individual spot temperature element, in combination with the level value from the radar gauge is used for average liquid temperature calculation.

It supplies the measured data to the Tankbus, which utilizes the FOUNDATION™ fieldbus communication protocol.

The IP 66/67 and Nema 4X certified robust design makes it suitable for installation in harsh environments. The water level sensor is factory calibrated. If any adjustment is necessary during installation, it can easily be done with the 2240S transmitter's built-in on-line calibration feature.

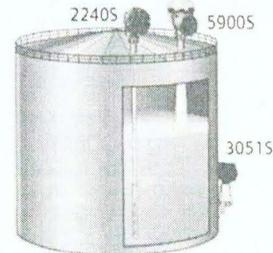
### Multiple Spot Temperature and Water Level Sensor

Product temperature is an important parameter for accurate custody transfer and inventory measurement in bulk liquid storage tanks. The highly accurate 3- or 4-wire multiple spot temperature sensors used in Raptor systems measure liquid temperature with up to 16 spot elements.

The temperature sensors supplied for Rosemount Tank Gauging systems, are made from a pure platinum material with predictable and stable characteristics for very accurate temperature measurement. The tolerance is even better than what the applicable temperature standards state.

Available temperature sensor versions are:

- Rosemount 565 Multiple Spot Temperature Sensor
- Rosemount 566 Multiple Spot Temperature Sensor for cryogenic applications
- Rosemount 765 Multiple Spot Temperature Sensor with Integrated Water Level Sensor



Rosemount 2240S Multi-input Temperature Transmitter installed together with a sensor.



Rosemount 2240S can be installed on top of a Rosemount multiple spot temperature / water level sensor, or it can be remotely installed on a pipe or wall.

**ROSEMOUNT**  
Tank Gauging

**EMERSON**  
Process Management

## RAPTOR TANK GAUGING SYSTEM

Specification for Rosemount 2240S Multi-Input Temperature Transmitter	
Number of spot elements and wiring	Up to 16 RTD spot elements or averaging sensors can be connected to a 2240S. Rosemount temperature / water level sensors (models 565, 566 and 765) Three wiring types can be used: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3-wire RTD with common return (1-16 spot elements)</li> <li>• 3-wire RTD Individual (1-16 spot elements with Rosemount 565, 1-6 spot elements with Rosemount 566, and 1-14 spot elements with Rosemount 765)</li> <li>• 4-wire RTD Individual (1-16 spot elements with Rosemount 565, 1-4 spot elements with Rosemount 566, and 1-10 spot elements with Rosemount 765)</li> </ul>
Standard temperature sensor types	Supports Pt-100 (according to IEC/EN60751, ASTM E1137) and Cu-90. Standard for Raptor system: Pt-100, according to EN60751, 3-or 4-wire design. 1/6 DIN Class B or 1/10 DIN Class B, DIN Class A for cryogenic version.
Temperature measuring range	Supports -200 to 250 °C (-328 to 482 °F) for Pt-100
Temperature conversion accuracy <sup>(1)</sup>	±0.05 °C (±0.09 °F)
Ambient temperature effect	±0.05 °C (±0.09 °F)
Ambient temperature	-40 to 70 °C (-40 to 158 °F). Minimum start-up temperature -50 °C (-58 °F)
Configuration tool	TankMaster WinSetup is the recommended tool for easy configuration of 2240S. The Tankbus autoconfiguration feature, handled by the Rosemount 2410 Tank Hub, supports 2240S
Ingress protection	IP 66/67 and Nema 4X
Power supply	Powered by Rosemount 2410 Tank Hub, 9.0-17.5 VDC, polarity insensitive (10.0-17.5 VDC for non-IS installations)
Communication	Two-wire Tankbus based on self-configured FOUNDATION™ fieldbus
Cable entry (connection/glands)	Five 1/2 - 14 NPT entries for cable glands or conduits (of which two are plugged at delivery). Optional: <ul style="list-style-type: none"> <li>• M20 x 1.5 conduit / cable adapter</li> <li>• Metal cable glands (1/2 - 14 NPT)</li> <li>• 4-pin male Eurofast connector or A size Mini 4-pin male Minifast connector.</li> </ul> An M32 adapter can be used if the 2240S is installed away from the sensor
Auxiliary sensor input	Digital bus connection for water level sensor
Display	A Rosemount 2230 Graphical Field Display or Rosemount TankMaster can be used for read-out
Housing	Polyurethane-coated die-cast aluminum
Installation	The 2240S can be installed directly on top of the temperature / water level sensor or remotely installed on a 33.4-60.3 mm (1 to 2-in) pipe or on a wall
Weight	2.8 kg (6.2 lbs)
Hazardous location certifications	ATEX, FM-C, FM-US, IECEx, and national certifications

(1) Over measuring range and ambient temperature 20 °C (68 °F).

Technical details are subject to change without prior notice. For more technical details, see Raptor Technical Description.

**ROSEMOUNT**  
Tank Gauging

Emerson Process Management

Rosemount Tank Gauging  
Box 130 45, SE-402 51 Göteborg, SWEDEN  
Tel: +46 31 3370 000 Fax: +46 31 25 30 22  
E-mail: sales.rtq@emerson.com  
www.rosemount-tg.com

  
**EMERSON**  
Process Management

© Rosemount Tank Radar AB, January 2012. Ref.no: 100517En , Rev AA

## 5900S radar level gauge with parabolic antenna

### BENEFITS

- For all products ranging from light to heavy fuel oil and bitumen / asphalt
- Tolerant to product build-up
- Custody transfer accuracy according to OIML R85:2008
- SIL 2 and SIL 3 certified according to IEC 61508-2 and 61508-3
- 2-in-1 functionality available for redundant level measurement
- Communicates via a 2-wire, low voltage Tankbus for easy and safe installation
- Installation normally with tank in service



Rosemount 5900S with parabolic antenna is a premium non-contact radar level gauge for installation on tanks with fixed roofs without a still-pipe. The parabolic antenna can be installed on existing manhole covers. The parabolic reflector has a diameter of 440 mm (17 in.) and typically fits a standard 500 mm (20-inch) manway.

### Highest precision

The parabolic antenna has a high antenna gain and a high signal to noise ratio. The large antenna diameter gives a narrow radar beam, which means the gauge can be installed close to a tank wall.

The 5900S gauge uses state-of-the-art FMCW radar technology with digital reference giving a 0.5 mm (0.02 in.) custody transfer grade accuracy. The gauge is powered by the 2-wire intrinsically safe Tankbus.

### Excellence in overfill prevention taking safety to a higher level

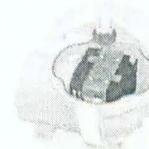
Raptor is SIL 2 and SIL 3 certified according to IEC 61508-2 and 61508-3. The 5900S Radar Level Gauge with SIL option is configured to activate a separate alarm loop at a preset liquid level. This alarm loop triggers the safety relay output on the Rosemount 2410 Tank Hub. SIL 2 safety is achieved with one 5900S, and a 2410 equipped with a SIL relay output. SIL 3 safety is achieved with a 2-in-1 5900S, and a 2410, both equipped with the SIL option. Raptor is also tested by TÜV (Technische Überwachungsverein) and WHG approved as an overfill prevention device.

### Emulation capability

It is possible to replace an outdated mechanical gauge with a modern Rosemount 5900S and a Rosemount 2410 in an existing tank gauging system, using the same tank opening, cabling and control system. The new units emulate the existing system's bus communication which makes step-by-step replacement of old gauges very easy.



*The parabolic antenna has a unique inclination adjustment feature to allow flexible installation near tank walls and on non-horizontal manways.*



*The unique 2-in-1 design with two independent radar units in one gauge, enables SIL 3 certification for highest overfill prevention functionality.*

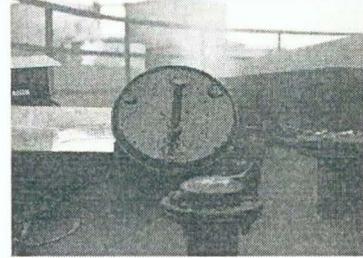
**ROSEMOUNT**  
Tank Gauging

**EMERSON**  
Process Management

## RAPTOR TANK GAUGING SYSTEM

### Even for the most demanding applications

The parabolic antenna design provides extreme tolerance against sticky and condensing products. It is the obvious choice for bitumen/asphalt, sulphur etc. Thousands of Rosemount Tank Gauging parabolic radar gauges are in successful operation in asphalt tanks around the world.



*Still operating and gauging accurately despite the heavy contamination. This parabolic antenna has for several months been exposed to blown bitumen heated to over 230 °C (445 °F).*

Specification for Rosemount 5900S with Parabolic Antenna	
Measuring principle	FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave)
Antenna type	High directivity parabolic reflector, 440 mm (17 in.) in diameter, with drip-off design
Instrument accuracy	± 0.5 mm (0.020 in.)
Legal custody transfer type approval	OIML R85:2008
Measuring range	0.8 to 30 m (2.6 to 100 ft) below flange Possibility to measure 0.5 to 50 m (1.6 to 164 ft). Accuracy may be reduced For longer measuring range, please consult your Rosemount Tank Gauging representative
Ambient operating temperature	-40 to +70 °C (-40 to +158 °F). Minimum start-up temperature is -50 °C (-58 °F)
Operating temperature in tank	Max. +230 °C (+445 °F)
Temperature stability	Typically < ± 0.5 mm (0.020 in.) in -40 to +70 °C (-40 to +158 °F)
Pressure range	Clamped: -0.2 to 0.2 bar (-2.9 to 2.9 psig) Welded: -0.2 to 10 bar (-2.9 to 145 psig)
Ingress protection	IP 66/67 and Nema 4X
Material exposed to tank atmosphere	Antenna: Acid proof steel type EN 1.4436 (AISI 316) Sealing: PTFE O-ring: FPM
Power supply	Powered by Rosemount 2410 Tank Hub (9.0-17.5 VDC, polarity insensitive)
Communication	Two-wire Tankbus based on self-configured FOUNDATION™ fieldbus
Cable entry (connection/glands)	½ - 14 NPT for cable glands or conduits. Optional: • M20 x 1.5 conduit / cable adapter • Cable glands in metal • 4-pin male Eurofast connector or A size Mini 4-pin male Minifast connector
Safety/overflow	One optional SIL 2/SIL 3 certified relay output is available via the 2410 Tank Hub for overflow protection. Consult your local Rosemount Tank Gauging representative for information about national approvals such as the WHG (TÜV) overflow protection option
Display	A Rosemount 2230 Graphical Field Display or Rosemount TankMaster can be used for read-out
Manway size	500 mm (20-inch) opening
Housing	Polyurethane-coated die-cast aluminum
Weight	Appr. 17 kg (37 lbs) including transmitter head and antenna
Hazardous location certifications	ATEX, FM-C, FM-US, IECEx, and national certifications

Technical details are subject to change without prior notice. For more technical details, see Raptor Technical Description.

**ROSEMOUNT**  
Tank Gauging

Emerson Process Management

Rosemount Tank Gauging  
Box 12045, SE-402 51 Göteborg, SWEDEN  
Tel: +46 31 3370 000 Fax: +46 31 25 30 22  
E-mail: sales.rtg@emerson.com  
www.rosemount-tg.com

**EMERSON**  
Process Management

© Rosemount Tank Radar AB, January 2012. Ref.no: 100512En, Rev AA

BIBLIOTECA CENTRAL DE LAS FF. MM.  
"TOMAS RUEDA VARGAS"



054698

