

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**

**Escuela de Ingeniería en Electrónica**



**Automatización en el llenado de los camiones cisterna en los  
planteles de RECOPE**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en  
Electrónica con el grado académico de Licenciatura**

**Douglas Castillo Rojas**

**Cartago, Diciembre de 2012**

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA


ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

TRIBUNAL EVALUADOR

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.


Miembros del Tribunal



---

Ing. Arnoldo Rojas Coto


Profesor lector



---

Ing. Eduardo Interiano Salguero

Profesor lector



---

Ing. Juan Carlos Jiménez  
Robles

Profesor asesor

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica.

Cartago, 17 de Diciembre 2012.

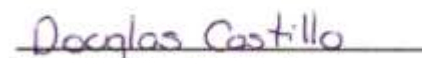
## **Declaración de autenticidad**

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Cartago, Diciembre del 2012

  
Douglas Castillo Rojas  
Céd: 206130315

## Resumen

La forma actual de carga de los camiones cisterna en los planteles de RECOPE genera problemas a la seguridad operativa y además tiempos de llenado prolongados. Es por esto que ante la modernización del plantel de ventas de la refinería localizado en Moín, se pretende cambiar la forma de llenado de los vehículos con el propósito de solucionar los problemas presentes con la forma vigente, para disminuir peligros potenciales y lograr la atención de más usuarios. Por esto nace la necesidad de analizar los equipos que deben utilizar los camiones cisterna a fin de garantizar el funcionamiento con el sistema que se instalará en las islas de llenado y satisfaga lo dictado por la norma API RP 1004. Con lo cual se brindará los requerimientos mínimos necesarios para solventar el problema presente.

**Palabras clave:** Camión cisterna, carga ventral, productos limpios, RECOPE, sistema óptico.

## Summary

The current form of loading the tank motor vehicles in RECOPE campuses generates operational safety issues and also long filling times. That is why before the modernization sales campus located in Moin refinery, is intended to change the form filling vehicles with the purpose of solving the present problems with the current form, to reduce hazards and get the attention of more users. Thus arises the need to analyze the equipment to be used by tankers to ensure operation with the system to be installed in the islands filling and satisfying dictated by the API RP 1004. Thus would provide the minimum requirements necessary to solve the problem at hand.

**Keywords:** Bottom loading, clean products, optical system, RECOPE, Tank Motor Vehicles.

## **DEDICATORIA**

*A mi madre Magdalena, mi padre Álvaro y a mis hermanos Adriana y Hugo, pues gracias a su apoyo, paciencia, sacrificio y comprensión, me permitieron llegar hasta el final de este camino logrando vencer todos los obstáculos que se me presentaron.*

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente a Dios, por haberme dado la vida, salud y todo lo que soy para lograr cumplir mí meta.

Al Ing. Jahaziel Acosta Guevara y al Ing. Pablo Bonilla Sequeira, por la amistad, el apoyo y la guía que me brindaron para culminar este trabajo.

A todo el personal del Departamento de Proyectos de Ingeniería de RECOPE, por el apoyo, las recomendaciones, consejos y amistad compartida durante la elaboración de este proyecto.

A mis familiares y a mi novia, por siempre estar allí y por lo mucho que me ayudaron en este proceso.

## ÍNDICE GENERAL

<b>Capítulo 1. Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Problema existente e importancia de su solución</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2 Solución seleccionada</b> .....	<b>5</b>
<b>Capítulo 2. Meta y Objetivos</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1 Meta</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2 Objetivo general</b> .....	<b>7</b>
<b>2.3 Objetivos específicos</b> .....	<b>7</b>
<b>Capítulo 3. Marco Teórico</b> .....	<b>8</b>
<b>3.1 Descripción del sistema:</b> .....	<b>8</b>
<b>3.1.1 Sistema actual de llenado de los camiones cisterna</b> .....	<b>8</b>
<b>3.1.2 Sistema que se pretende con la modernización</b> .....	<b>9</b>
<b>3.1.2.1 Sistema de control secundario de sobrellenado</b> .....	<b>10</b>
<b>3.2 Antecedentes Bibliográficos</b> .....	<b>12</b>
<b>3.2.1 Normas y estándares relacionados con el proyecto</b> .....	<b>12</b>
<b>3.2.2 Clasificación de áreas según la NFPA 70</b> .....	<b>13</b>
<b>3.2.2.1 Ubicación Clase I</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2.2.2 Zonas de la Clase I</b> .....	<b>15</b>
<b>3.2.3 Método de carga ventral</b> .....	<b>16</b>
<b>3.2.3.1 Normativa API RP 1004 para carga por el fondo</b> .....	<b>16</b>
<b>3.3 Descripción de los principales principios físicos y/o electrónicos relacionados con la solución del problema</b> .....	<b>26</b>
<b>3.3.1 Corrientes estáticas</b> .....	<b>26</b>
<b>3.3.2 Ley de refracción de Snell</b> .....	<b>26</b>
<b>Capítulo 4. Procedimiento Metodológico</b> .....	<b>27</b>
<b>4.1 Reconocimiento y definición del problema</b> .....	<b>27</b>
<b>4.2 Obtención y análisis de información</b> .....	<b>27</b>

4.3	Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución .....	27
4.4	Implementación de la solución .....	28
4.5	Reevaluación y rediseño .....	29
<b>Capítulo 5. Descripción detallada de la solución .....</b>		<b>30</b>
5.1	Análisis de soluciones y selección final .....	30
5.2	Descripción.....	30
5.3	Diseño de la instrumentación .....	38
5.3.1	Etapa mecánica.....	39
5.3.2	Etapa Eléctrica .....	42
<b>Capítulo 6. Análisis de resultados.....</b>		<b>44</b>
6.1	Resultados .....	44
6.2	Análisis .....	52
<b>Capítulo 7. Conclusiones y recomendaciones .....</b>		<b>56</b>
7.1	Conclusiones.....	56
7.2	Recomendaciones.....	57
<b>Bibliografía.....</b>		<b>58</b>
<b>Apéndices.....</b>		<b>60</b>
A.1	Glosario, abreviaturas y simbología.....	60
A.2	Información de los equipos eléctricos utilizados.....	64
A.2.1	Sensores de sobrellenado .....	64
A.2.2	Sensores de producto en el fondo .....	68
A.2.3	Monitores abordó.....	70
A.3	Información de la empresa .....	72
<b>Anexos.....</b>		<b>73</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Distribución del Sistema Nacional de Combustibles (SINAC). [3]....	2
Figura 1.2	Operación de los cargaderos actuales en los planteles de RECOPE. .....	4
Figura 3.1	Llenado de combustibles limpios por la parte superior (Top Loading). [4].....	8
Figura 3.2	Diagrama funcional de apagado por carril o línea. [5].....	10
Figura 3.3	Vista lateral de un camión cisterna mostrando las necesidades de distintas profundidad de sensores. [5] .....	12
Figura 3.4	Socket para el sistema de termistor (código de color verde).[6] ....	18
Figura 3.5	Socket para el sistema óptico (código de color azul).[6].....	19
Figura 3.6	Estándar en el cableado para el sistema de termistor.[5] .....	19
Figura 3.7	Estándar en el cableado para el sistema óptico. [5] .....	20
Figura 3.8	Diagrama de un sensor óptico/termistor de 2 cables (2 wire). [7] ..	22
Figura 3.9	Diagrama de un sensor óptico de 5 cables (5 wire). [8].....	23
Figura 3.10	Conexión de sensores de 5 cables, en un sistema de 3 compartimientos. [8].....	25
Figura 3.11	Condiciones de fallo de la señal. [9].....	25
Figura 5.1	Diagrama general de la ubicación de los componentes más importantes de un camión cisterna apto para la carga ventral. [14] .....	31
Figura 5.2	Requerimientos de condiciones eléctricas para la carga por abajo. .....	32
Figura 5.3	Requerimientos mecánicos para el proceso de carga ventral.....	32
Figura 5.4	Diagrama de bloques de primer nivel de la interconexión de los sistemas en el proceso.....	33

<b>Figura 5.5</b>	<b>Diagrama de bloques de segundo nivel de la interconexión de los sistemas en el proceso y la ubicación de las áreas de requerimientos.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 5.6</b>	<b>Diagrama de bloques de tercer nivel la interconexión de los sistemas en el proceso y la ubicación de las áreas de requerimientos.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 5.7</b>	<b>Diagrama general de la ubicación de los componentes más importantes de un camión cisterna apto para la carga ventral, para la variante adicional del diseño. [14].....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 5.8</b>	<b>Diagrama P&amp;ID de elementos que deben poseer los compartimientos. [15].....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 5.9</b>	<b>Diagrama P&amp;ID del circuito lógico neumático con las válvulas internas de emergencia, venteos y control neumático, para un vehículo de 4 compartimientos[15].....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 5.10</b>	<b>Diagrama P&amp;ID del circuito lógico neumático para la comprobación del acople de mangueras y la activación de los frenos, para un vehículo de 4 compartimientos.[15] .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 6.1</b>	<b>Colocación del sensor de sobrellenado sobre el manhole en la tapa del domo. [5].....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 6.2</b>	<b>Intellicheck2 de Scully.[16].....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 6.3</b>	<b>ROMII Monitor 3202 de Civacon.[17] .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 6.4</b>	<b>Conexión de los sensores ópticos de cinco (5) líneas directamente al receptáculo para un sistema de 3 compartimientos. [8] .....</b>	<b>48</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Características de las variantes que se determinaron con el proyecto.....	6
Tabla 3.1	Normativas y estándares relacionados con el proyecto.....	13
Tabla 3.2	Codificación de colores para el cableado del sistema de termistor.[5].....	20
Tabla 3.3	Codificación de colores para el cableado en el sistema óptico. [5].	21
Tabla 6.1	Tabla de verdad para la función lógica de apertura de las válvulas internas de emergencia.....	44
Tabla 6.2	Tabla de verdad para la función lógica de enclavamiento de los frenos.....	45
Tabla 6.3	Codificación de colores para el cableado del sistema óptico entre el monitor a bordo y el receptáculo.....	47
Tabla 6.4	Lista de materiales mecánicos y su costo, para un vehículo cisterna de 4 compartimientos.[15].....	49
Tabla 6.5	Lista de materiales eléctricos y su costo, para un vehículo cisterna de 4 compartimientos con monitor a bordo. [15].....	50
Tabla 6.6	Lista de materiales eléctricos y su costo, para un vehículo cisterna de 4 compartimientos sin monitor a bordo. [15].....	51

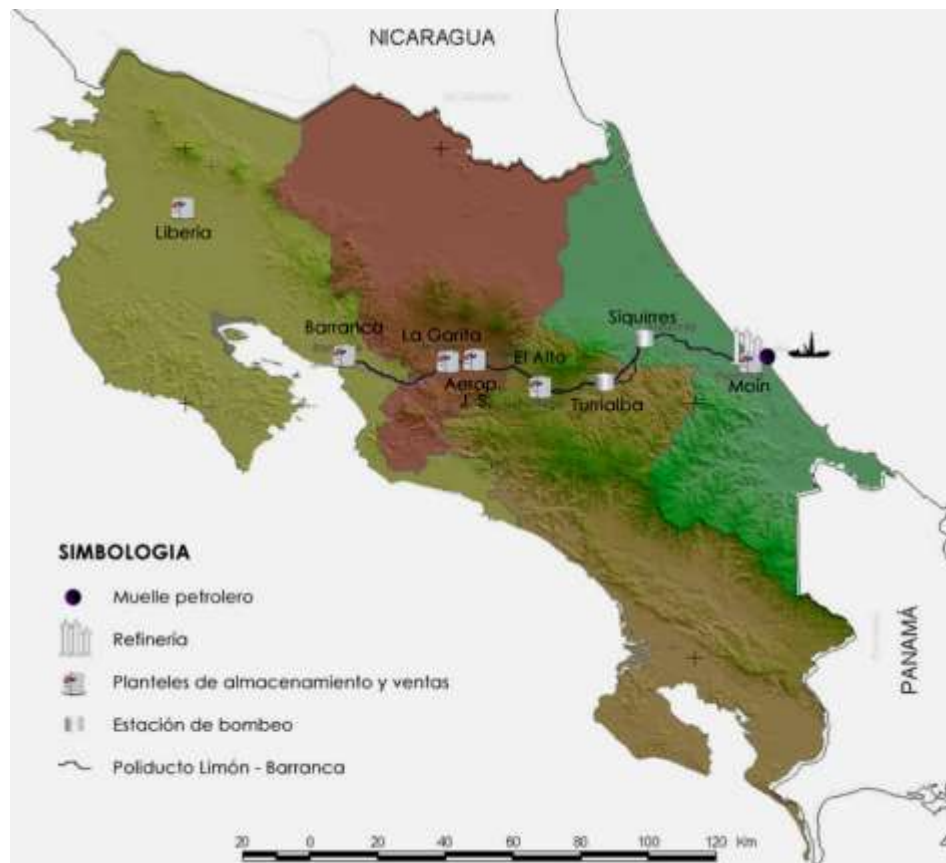
## Capítulo 1. Introducción

---

La Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE) nace en el año de 1961 por medio de un grupo privado y con una participación estatal de apenas un 15%. Por medio de la aprobación del contrato de Protección y Desarrollo Industrial en el año 1963 RECOPE se establece como la primera industria nacional dedicada a la refinación y producción de combustibles derivados del petróleo y consecuentemente en el año de 1974 se da la nacionalización de esta empresa.[1]

Como empresa estatal, RECOPE tiene la misión de “abastecer los combustibles requeridos por el país, mediante la administración del monopolio del Estado de la importación, refinación y distribución al mayoreo de combustibles, asfalto y naftas; para promover el desarrollo del país”[2], es por esto que tiene la necesidad de promover, mantener y desarrollar las operaciones en infraestructura para el almacenamiento y distribución de hidrocarburos derivados del petróleo.

RECOPE cuenta con planteles de distribución en distintos puntos del país además de otras instalaciones que se utilizan para el trasiego y almacenamiento de los productos derivados del petróleo que en conjunto forman el Sistema Nacional de Combustibles (SINAC) como se ilustra en la Figura 1.1. Actualmente en el plantel de ventas de Refinería en Limón, se está modernizando, y esto conlleva a un nuevo diseño de los cargaderos y filosofía de llenado de los camiones cisterna en especial el de los productos limpios o de baja viscosidad.



**Figura 1.1** Distribución del Sistema Nacional de Combustibles (SINAC). [3]

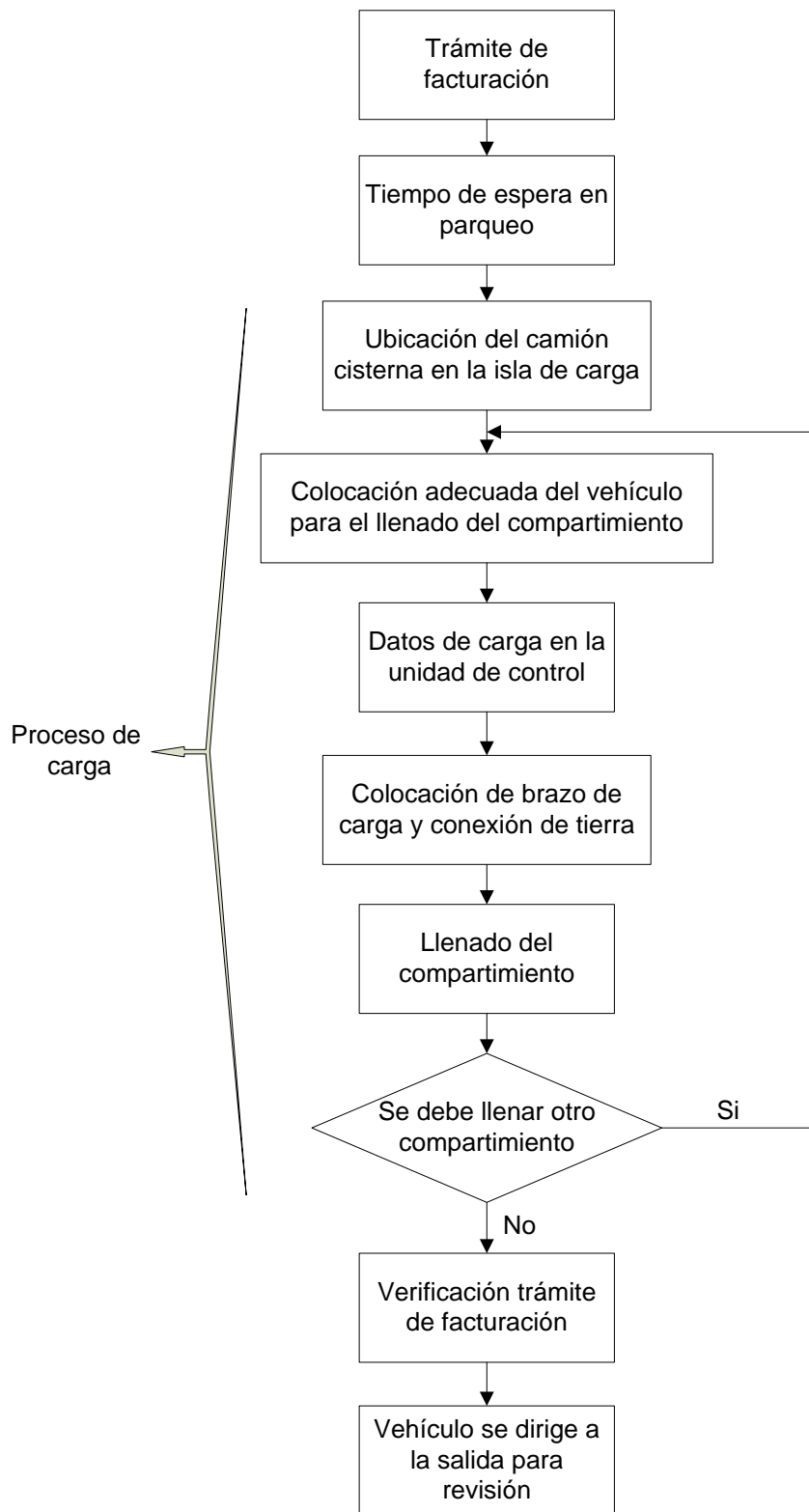
Ante el mejoramiento, se decidió que las islas de carga para los productos como gasolinas, diesel y gasóleo fueran equipadas de acuerdo a las indicaciones que da la norma API RP 1004, referente a los dispositivos de control y seguridad que debe tener la islas de llenado. De igual forma los vehículos cisterna deben ser equipados con las recomendaciones de esta práctica de manera que la comunicación y operación de ambos equipos sea estandarizada para garantizar el buen funcionamiento del sistema en su totalidad.

## **1.1 Problema existente e importancia de su solución**

Actualmente las operaciones de los planteles de RECOPE, han demostrado que presenta una serie de limitaciones en el servicio que brinda la compañía en el expendio de combustibles, puesto que el sistema existente contempla: trámites en oficina de facturación, parqueo en espera, procedimiento de carga, verificación trámites de factura final, revisión para salida del camión cisternas, como se observa en el diagrama de la Figura 1.2 y a consecuencia de esto se evidencia la lentitud del proceso.

Como se puede observar en la Figura 1.2, el método de carga, consume una gran cantidad de tiempo del proceso, que en promedio tarda unos 45 minutos. Es por esto que en la innovación se decidió cambiar el sistema de llenado de los vehículos el cual consistía en el vertido del producto por la parte superior del compartimiento del camión (Top Loading). Un punto importante en el proceso de modernización de los cargaderos es porque la forma actual presentan problemas en la seguridad operativa debido a que se pone en riesgo la salud del trabajador por causa de que se encuentra en presencia de vapores orgánicos los cuales inhala y se pueden presentar caídas desde diferentes niveles. Por otro lado se generan corrientes estáticas dentro de las paredes de los compartimientos que son creadas por la agitación del producto en el tanque incrementando el riesgo de provocar una chispa, implicando así que los caudales de carga sean bajos y ocasionando con ello que el tiempo de carga por parte de estos vehículos se vuelvan aún más prolongados.

Con el mejoramiento de las islas de llenado, los camiones cisterna deberán ser provistos de ciertos sistemas y sensores que permitan los requerimientos que se pretenden realizar por RECOPE. Por lo tanto se debe de tener total certeza de cuales sistemas de monitorización son compatibles con los dispositivos de control instalados en las islas de carga, para que de este modo los propietarios de los vehículos puedan realizar las modificaciones pertinentes y así puedan utilizar las instalaciones optimizadas.



**Figura 1.2** Operación de los cargaderos actuales en los planteles de RECOPE.

Con el equipamiento adecuado de los camiones cisterna se garantiza que se tendrán las medidas de seguridad que se desea en los planteles, se podrá verificar el correcto funcionamiento de los dispositivos en los vehículos y detectar a tiempo una posible falla antes o durante el llenado. También será responsabilidad del conductor revisar previamente que todo el sistema instalado este operando satisfactoriamente, además de realizar cualquier reparación necesaria antes de llevar a cabo una carga en el plantel de RECOPE. Otros beneficios que se podrán tener son:

- Eliminar el riesgo a la salud del personal de carga al evitarse la inhalación de vapores orgánicos.
- Prevenir posibles accidentes por caídas del personal que se presentan en la carga por arriba.
- Aumentar el caudal de llenado del camión cisterna de manera segura. Con lo que se logra una disminución en los tiempos de carga.
- Carga de varios productos (gasolina, diesel y gasóleo) al mismo tiempo independientemente de la ubicación de los compartimientos en el vehículo.
- La agitación del producto es menor produciendo una disminución de la corriente estática dentro de las paredes del tanque del camión, por lo que disminuye el riesgo de que se genere una chispa.
- Establecer el autoservicio, donde el cliente es el que realiza las operaciones de conexión, autocontrol y monitoreo de la venta y desconexión de los sistemas una vez terminada la carga.

## **1.2 Solución seleccionada**

La solución seleccionada debió considerar los siguientes requerimientos:

- Cumplir los requerimientos para la clasificación de áreas NEC Clase I, División I y División II, Grupo C y D a prueba de explosión.
- Requerimientos establecidos por la NFPA-493 Intrinsically Safe Apparatus and Associated Apparatus for Use in Class I, II and III, Division 1 Hazardous Locations donde se utilicen aparatos y circuitos intrínsecamente seguros.



- El equipo y sus componentes deben estar aprobados por Factory Mutual Research (FM) o Underwriters Laboratories Inc (UL).
- Estanqueidad al agua según clasificación NEMA 4X.
- Entradas auxiliares.
- Operar con tecnología óptica.
- Entre otras.

Por lo cual se obtuvieron tres (3) variantes de diseño para satisfacer las necesidades de la empresa. En la Tabla 1.1 se muestran los requerimientos que utilizó cada variante.

**Tabla 1.1** Características de las variantes que se determinaron con el proyecto.

Etapa	Requerimientos	Variante		
		1	2	3
Mecánica	Frenos	✓	✓	✓
	Válvulas internas de emergencia	✓	✓	✓
	Venteos	✓	✓	✓
Eléctrica	Verificación sobrellenado	✓	✓	✓
	Verificación producto en el fondo	✓	---	---
	Aterrizaje	✓	✓	✓
	Monitor a bordo	✓	✓	---

## **Capítulo 2. Meta y Objetivos**

---

### **2.1 Meta**

Realizar la medición de variables mediante el sistema Intellitrol® para el llenado automático de los camiones cisterna.

### **2.2 Objetivo general**

Determinar los sistemas de monitorización de los camiones cisternas que sean compatibles y se interconecten con el sistema Intellitrol®.

### **2.3 Objetivos específicos**

1. Comparar diferentes sistemas de monitorización existentes en el mercado, para poder seleccionar los que se comuniquen de manera exitosa con el sistema Intellitrol®.
2. Tipificar los sensores que se colocarán en el camión cisterna y su respectivo cableado de seguridad.
3. Especificar en un diagrama la colocación de los sensores, siguiendo la norma API RP 1004.

## Capítulo 3. Marco Teórico

---

### 3.1 Descripción del sistema:

#### 3.1.1 Sistema actual de llenado de los camiones cisterna

El sistema de llenado por la parte superior de los camiones cisterna (Top Loading) ha sido el método utilizado por RECOPE en los últimos años el cual consiste en que el vehículo que transportará los combustibles limpios derivados del petróleo (productos de baja viscosidad como Gasolinas, Diesel y Gasóleo) es cargado por encima como lo muestra la Figura 3.1.



**Figura 3.1** Llenado de combustibles limpios por la parte superior (Top Loading). [4]

Para ello es necesario que en cada isla de llenado de combustibles se cuente con un operario el cual abre la escotilla del tanque a llenar, posteriormente coloca un sensor de sobrellenado, luego ubica las mangueras para el trasiego de producto y por último activa el sistema de llenado.

### **3.1.2 Sistema que se pretende con la modernización**

Con la renovación de los cargaderos y en si del proceso de llenado con la utilización de una nueva forma de trasiego de combustibles hacia los camiones cisterna, la cual consiste en carga ventral (Bottom Loading), RECOPE pretende brindar servicios de calidad y al mismo tiempo aumentar su seguridad industrial.

Este proceso consiste en el llenado de los tanques del vehículo por su parte inferior mediante el uso de válvulas y tuberías que se encuentran en la parte de abajo de éstos. La filosofía del sistema radica en que el líquido ingresa al depósito desde abajo obteniendo así que el flujo de entrada se encuentre siempre por debajo del nivel del producto. Este método se originó con el fin de evitar accidentes por caídas debido a los niveles de altura que se presentan en el vertido superior, además como se realiza a nivel del piso el riesgo provocado por la inhalación de vapores en los operadores del llenado ya no está presente. Otro punto importante es que al cargar por debajo la agitación del producto dentro de los compartimientos es menor y por ello se puede aumentar los caudales de manera segura.

Una de las características principales de la implementación de la carga por el fondo es la presencia de un sistema de protección de sobrellenado y de más dispositivos de seguridad para la operación del vehículo. Las islas de llenado de productos de baja viscosidad contarán con un sistema principal de cierre con una válvula de “control primario de cierre” o PSC (del inglés “primary shutoff control”). Además contará con un sistema secundario independiente de cierre, llamado “sistema secundario de cierre” o SSC (del inglés “secondary shutoff control”).[5]

El sistema principal consiste de un controlador (preset) y una válvula PSC que proporciona un medio eficaz de control y carga de una cantidad predeterminada. Consecuentemente el sistema secundario de corte consiste en un sensor de nivel en cada compartimiento, el cual indica a un sistema de corte secundario que activa la válvula PSC y además la válvula SSC para detener el caudal. Estos dos tipos de

válvulas deben ser dispositivos separados en el cargadero para evitar posibles fallos.[5]

### 3.1.2.1 Sistema de control secundario de sobrellenado

Las terminales de carga de gasolina, diesel y gasóleo contarán con sistemas de control secundario en caso de sobrellenado. Para esto se requiere de un interfaz de conexión entre la isla y camión de manera que ambos sistemas operen de manera conjunta. Un sensor de alto nivel dará la indicación para que el controlador de la isla des energice la válvula PSC. El Sistema de Terminal Automatizado (TAS por sus siglas en inglés Terminal Automation System) desconectará la válvula SSC para detener el caudal[5], como se ilustra en la Figura 3.2. En dicho diagrama se muestra en el recuadro los requerimientos del vehículo para poder realizar el apagado del sistema mediante una condición de sobrellenado.

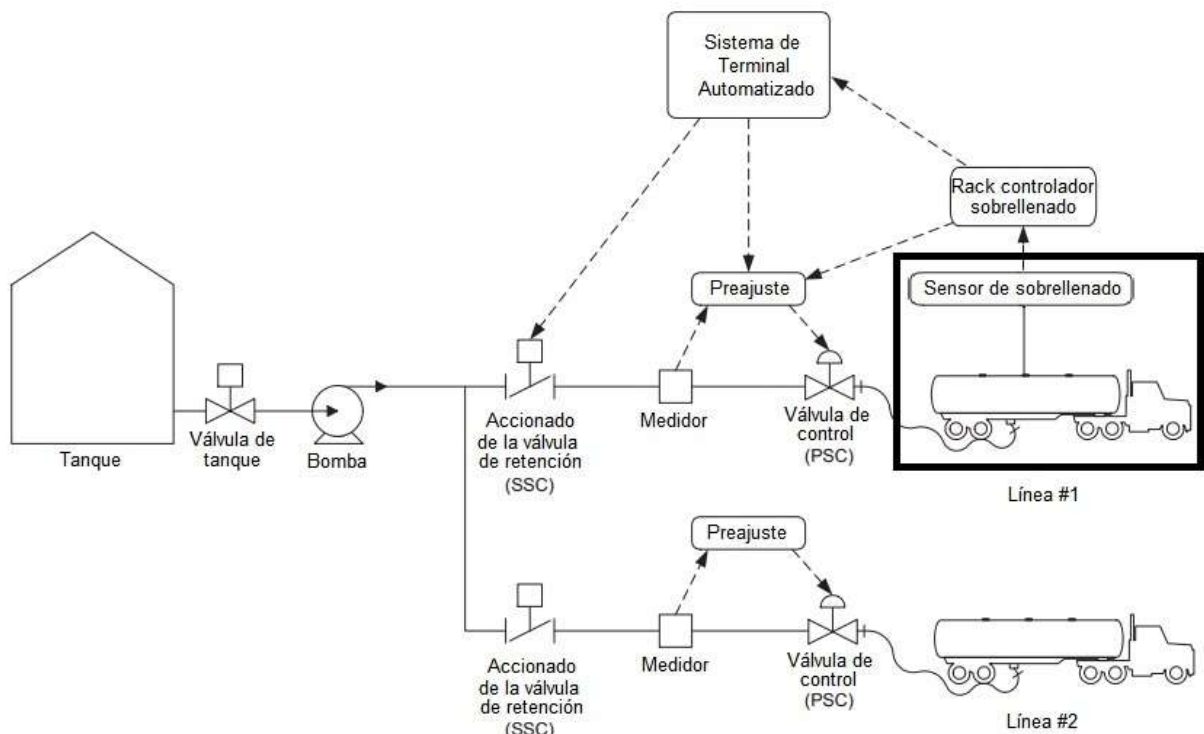
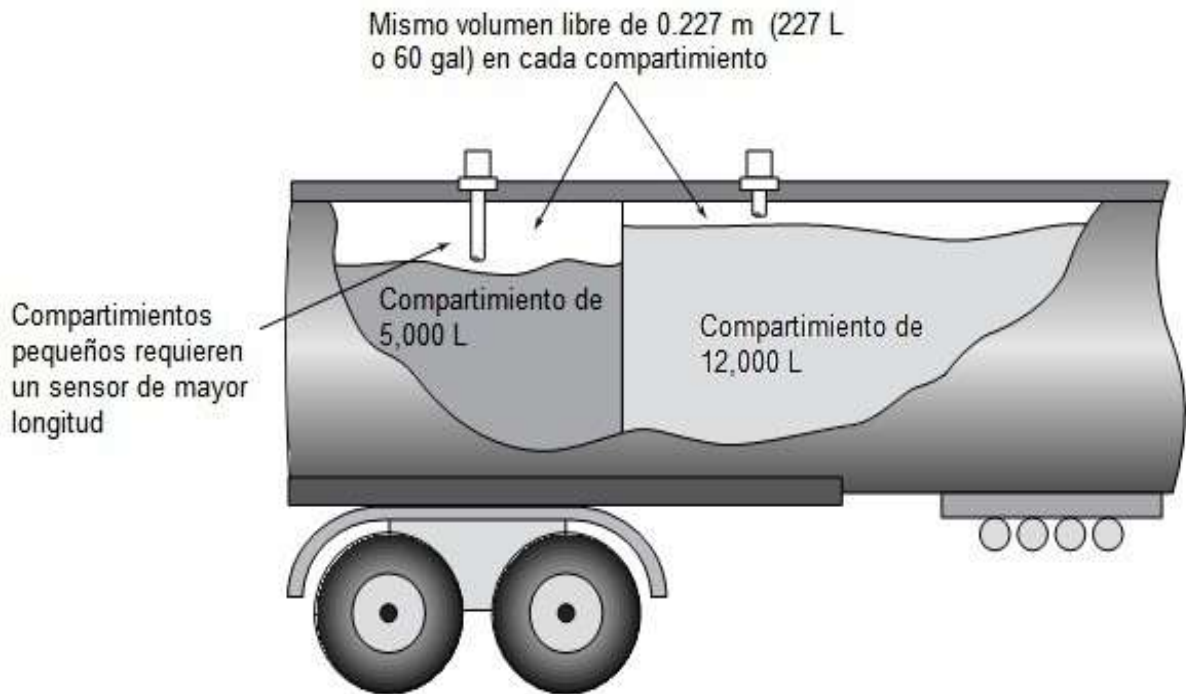


Figura 3.2 Diagrama funcional de apagado por carril o línea. [5]

El sistema de control secundario dentro de cada compartimiento, deberá tener una profundidad tal que asegure que cada sensor va a activarse y detendrá la carga antes que el compartimiento se llene por completo. Por consecuente el caudal de carga según la norma API RP 1004 indica que los tanques en los vehículos pueden ser llenados entre 2.27 a 3.40 metros cúbicos por minuto –  $m^3pm$  – (600 a 900 galones por minuto –  $gpm$  –), por lo que para efectos del cálculo de la ubicación adecuada de los instrumentos de medición, debe considerarse la que la carga se realiza al caudal mayor, 3.40  $m^3pm$ . Lo anterior es de suma importancia debido a que los sensores deberán contar con la capacidad de enviar la señal a la Unidad de Control de Carga, para que ésta a su vez desconecte la válvula PSC en un máximo de 2 segundos luego de dada la señal de sobrellenado y 4 segundos para desconectar la válvula SSC. Es por esto que los sensores de sobrellenado tendrán una profundidad que permita que el sistema de carga se detenga cuando falten 0.227  $m^3$  (60 galones) para que se llene el compartimiento por completo.[5]

Como se detalla en la Figura 3.3, la profundidad del sensor depende de la capacidad de cada tanque, porque para compartimientos más pequeños se necesitan longitudes mayores para mantener el mismo volumen de seguridad.



**Figura 3.3** Vista lateral de un camión cisterna mostrando las necesidades de distintas profundidad de sensores. [5]

## 3.2 Antecedentes Bibliográficos

### 3.2.1 Normas y estándares relacionados con el proyecto

Para el desarrollo del proyecto se utilizaron una serie de normas y estándares internacionales, los cuales se respaldan con las experiencias de los fabricantes, usuarios de los productos finales, equipos y sistemas relacionados con la disciplina de la industria petrolera y de igual forma de normas nacionales. En la Tabla 3.1, se muestran algunas de las normas y estándares utilizados en este proyecto.

**Tabla 3.1** Normativas y estándares relacionados con el proyecto.

<b>Documento</b>	<b>Descripción</b>
32921-COMEX-MINAE-MEIC	Decreto 32921-COMEX-MINAE-MEIC: Reglamento Técnico de Transporte Terrestre de Hidrocarburos Líquidos (excepto LPG)
API 500	Recommended practice for classification of locations for electrical installations at petroleum facilities classified as class I, division 1 and division 2
API RP 1004	Bottom Loading and vapor recovery for MC-306 & DOT-406 tank motor vehicles
NFPA 70	National Electrical Code, Artículo 250 y Artículo 500
NFPA 385	Standart for tank vehicles for flammable and combustibile liquids
NFPA 493	Intrinsically Safe Apparatus and Associated Apparatus for Use in Class I, II and III, Division 1 Hazardous Locations
ISA 5.1	Instrumentation Symbols and Identification
ISA 5.2	Binary Logic Diagrams for Process Operations
ISA 5.3	Graphic Symbols for Distributed Control shared Display Instrumentation, Logic & Computer Systems
ISA 5.4	Instrument Loop Diagrams
ISA 5.5	Graphic Symbols for Process Displays

### **3.2.2 Clasificación de áreas según la NFPA 70**

El código eléctrico establece requerimientos de seguridad para los equipos eléctricos y electrónicos así como el cableado para cualquier zona en donde existan riesgos de fuego o explosión y se pongan en riesgo la seguridad de los seres humanos y de las instalaciones o equipos utilizados. Por este motivo la NFPA 70 establece zonas según su peligrosidad. Esta clasificación es de suma importancia debido a que los sistemas, sensores y cableado deberán estar acorde al tipo de zona en donde se instalarán.

Es importante mencionar que cada cuarto, sección o área deberá ser considerada de una manera individual para determinar su clasificación. Para este trabajo, se estudiará únicamente la Clase I División 1 y División 2, por ser las zonas de importancia a este proyecto.



### **3.2.2.1 Ubicación Clase I**

Son todas aquellas ubicaciones en las cuales gases o vapores producidos por líquidos inflamables o combustibles existan o pueden estar presentes en el aire en cantidades suficientes para producir una explosión o una mezcla combustible.

En la Ubicación Clase I, existen dos divisiones, las cuales son:

- **Clase I, División 1**

Ubicaciones en las cuales:

- a) Bajo condiciones normales de operación puedan existir gases o vapores producidos por líquidos inflamables o combustibles.
- b) En donde las concentraciones de gases combustibles, líquidos combustibles o inflamables puedan existir frecuentemente por trabajos de reparación o mantenimiento.
- c) En las cuales por una interrupción o falla de operación de los equipos o procesos puedan liberarse concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables y simultáneamente provocar también la falla del equipo eléctrico.

- **Clase I, División 2**

Son lugares en los cuales gases volátiles, líquidos inflamables o combustibles que producen vapores son manejados, usados o procesados y en condiciones normales son confinados en contenedores o sistemas cerrados de los cuales solo pueden escapar en caso de una ruptura accidental de los recipientes o falla del sistema o debido a condiciones anormales de operación del equipo. Además son todas aquellas zonas adyacentes a la ubicación Clase I, División 1.

### **3.2.2.2 Zonas de la Clase I**

- **Clase I, Zona 0**

Son lugares en donde las concentraciones de gases o vapores inflamables se presentan continuamente o por largos períodos de tiempo.

- **Clase I, Zona 1**

Son todas aquellas zonas en donde:

- a) Las concentraciones de gases o vapores inflamables probablemente se encuentran bajo condiciones normales de operación.
- b) Las concentraciones de gases o vapores inflamables pueden existir frecuentemente debido a las operaciones de mantenimiento y reparación o debido a fugas.
- c) Ante una interrupción o falla de operación del equipo o sistema podría resultar una emisión de gases o vapores inflamables y además causar simultáneamente fallas en el equipo eléctrico ocasionando que estos sistemas lleguen a ser una fuente de ignición.
- d) Son adyacentes a la Clase I, Zona 0 a las cuales puedan llegar concentraciones inflamables de vapores a menos de que existan un adecuado sistema de ventilación de presión positiva de aire limpio y esté previsto con dispositivos seguros para evitar el mal funcionamiento del sistema de ventilación.

- **Clase I, Zona 2**

Son lugares en los cuales:

- a) Las concentraciones de gases o vapores inflamables no ocurren probablemente bajo condiciones normales de operación y si se presentan solo son por períodos cortos de tiempo.

- b) Los líquidos volátiles, gases o vapores inflamables son manejados procesados o usados normalmente en embases o sistemas cerrados, de los cuales solo pueden liberarse debido a una ruptura accidental o falla de los recipientes o sistemas o como resultado de una operación anormal del equipo con el cual los líquidos o gases son manipulados, procesados o usados.
- c) Las concentraciones de gases o vapores inflamables normalmente son prevenidas con una ventilación mecánica pero pueden llegar a ser peligrosas debido a una falla o mal funcionamiento del equipo de ventilación.
- d) Son adyacentes a la Clase I, Zona 1 a las cuales puedan llegar concentraciones inflamables de vapores a menos de que exista un adecuado sistema de ventilación de presión positiva de aire limpio y esté previsto con dispositivos seguros para evitar el mal funcionamiento del sistema de ventilación.

### **3.2.3 Método de carga ventral**

El proceso de carga por abajo busca que el proceso sea de una manera desatendida con lo cual bajo condiciones normales se podría dar sin la necesidad de ningún tipo de operario del plantel y el solo sería necesario la participación del chofer del camión cisterna. Es por esto que los sistemas que se pretenden utilizar deben ser los más seguros posibles y que permitan una buena coordinación del sistema en su totalidad. Por consiguiente se deben de seguir ciertos lineamientos en vehículo para que lo mencionado anteriormente se dé, que a continuación se describen.

#### **3.2.3.1 Normativa API RP 1004 para carga por el fondo**

La entidad encargada de velar por el manejo adecuado de combustibles derivados del petróleo es el Instituto Americano del Petróleo (API por sus siglas en inglés).

Es por ello que la norma vigente para el método de carga de productos limpios (productos de baja viscosidad como Gasolinas, Diesel y Gasóleo) de forma ventral es

la “API RP 1004 - Bottom Loading and vapor recovery for MC-306 & DOT-406 tank motor vehicles”. En esta norma entre otras cosas se detallan los requerimientos mínimos que deben tener los camiones cisternas.

- **Sistemas de protección de sobrellenado**

Lo que se requiere con los sistemas de prevención de sobrellenado instalados en los camiones cisterna, es que los sensores instalados en cada uno de los compartimientos de depósito del vehículo deben estar lo suficientemente profundo para garantizar que una vez que estos sensores han sido activados el flujo del producto se detenga antes de que el compartimiento se llene completamente. Esta profundidad depende del caudal del producto, los tiempos de cierre de válvulas y capacidad del tanque del vehículo.

- Sistema de termistor

Este sistema utiliza sensores de termistor (semiconductor termosensible) los cuales deben ser calentados previamente a la carga, para que cuando estos sensores se encuentran en el aire permanezca más caliente que la temperatura del producto y una vez que el producto llega a tocar la punta del sensor, el termistor se enfría ocasionando una variación en su tensión de salida.

Para la conexión eléctrica con la isla de carga el sistema de control de sobrellenado por termistor utiliza un código de color verde para su enchufe y de igual forma un código de color verde para el conector en el camión cisterna, como se observa en la Figura 3.4.



**Figura 3.4** Socket para el sistema de termistor (código de color verde).[6]

- Sistema óptico

El sistema óptico utiliza un haz de luz que se refleja internamente desde una interfaz expuesta de vidrio/aire cuando el sensor esta en el aire. El fotodetector intercepta la luz reflejada y genera una señal que energiza la válvula de llenado del sistema de control. Cuando el líquido toca el vidrio del sensor el haz es refractado dentro del líquido y no se refleja más hacia en el fotodetector con lo cual el sistema de llenado detiene el flujo del producto.

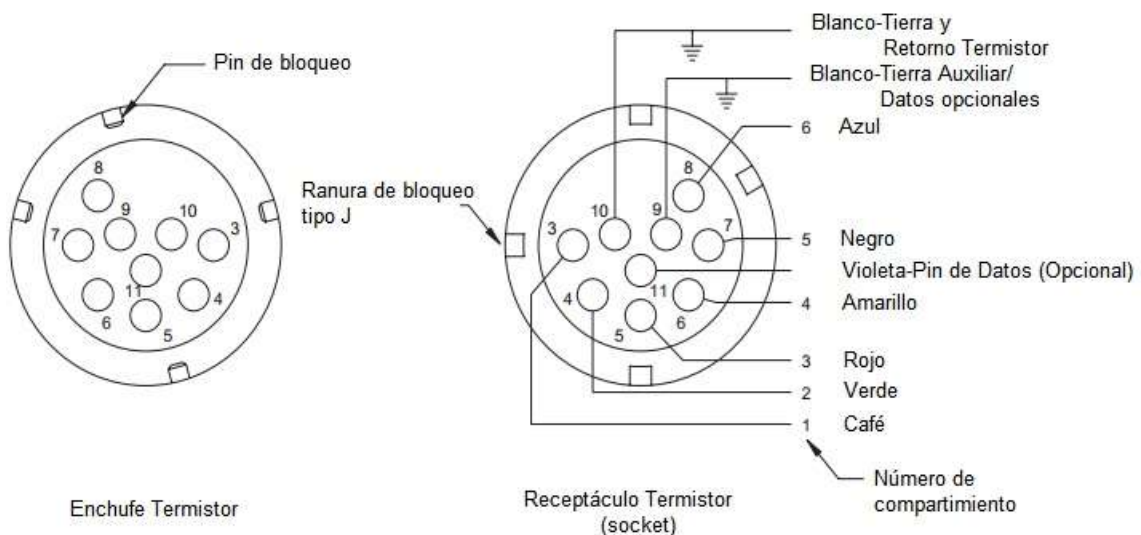
Para la instalación eléctrica entre con la isla de carga y el camión cisterna, el sistema de detección de sobrellenado utiliza un código de color azul en el enchufe como en el socket instalado en el vehículo, como se muestra en la Figura 3.5.



**Figura 3.5** Socket para el sistema óptico (código de color azul).[6]

- **Requerimientos de alambrado**
  - Sistema de termistor

El cableado para el enchufe y socket en el sistema de termistor consta de 9 pines los cuales deben seguir el diagrama ejemplificado en la Figura 3.6, para el cual se debe de seguir una codificación de colores como se detalla en la Tabla 3.2, además el enchufe y receptáculo deben ser de color verde como se mostró en la Figura 3.4.



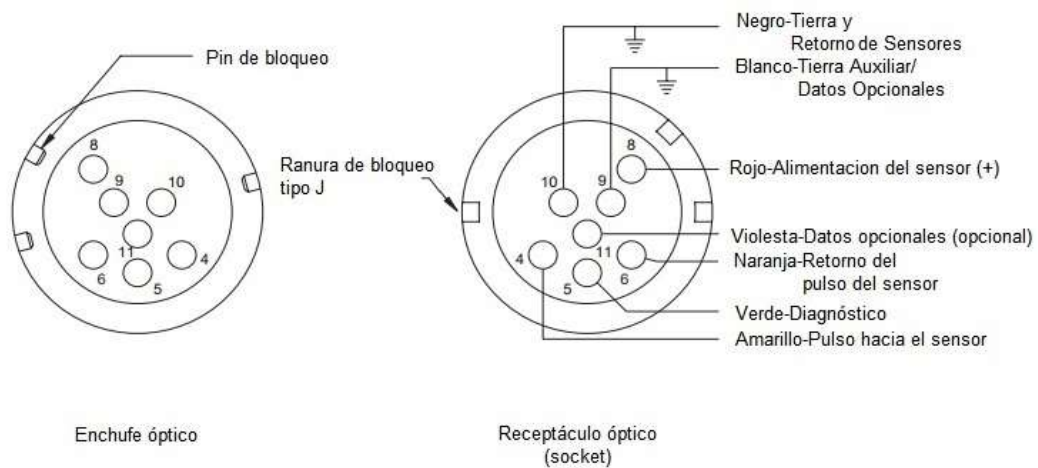
**Figura 3.6** Estándar en el cableado para el sistema de termistor.[5]

**Tabla 3.2** Codificación de colores para el cableado del sistema de termistor.[5]

Pin	Descripción	Color
3	Termistor en compartimiento 1	Café
4	Termistor en compartimiento 2	Verde
5	Termistor en compartimiento 3	Rojo
6	Termistor en compartimiento 4	Amarillo
7	Termistor en compartimiento 5	Negro
8	Termistor en compartimiento 6	Azul
9	Tierra auxiliar independiente (datos opcionales)	Blanco
10	Tierra y retorno de los sensores de termistor	Blanco
11	Pin de datos (opcional)	Violeta

○ Sistema óptico

El enchufe y socket para el sistema óptico consta de 7 pines los cuales deben seguir el diagrama de conexión como se muestra en la Figura 3.7. En este tipo de sistema se debe de seguir el patrón de cableado con su código de colores como se presenta en la Tabla 3.3. Para poder diferenciar este sistema de una manera más fácil, se utiliza una codificación de color azul para su enchufe y socket como se mostró en la Figura 3.5.



**Figura 3.7** Estándar en el cableado para el sistema óptico. [5]

**Tabla 3.3** Codificación de colores para el cableado en el sistema óptico. [5]

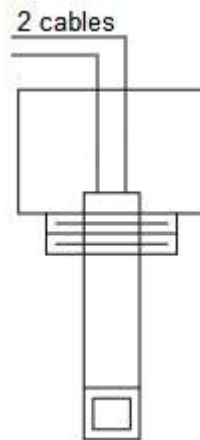
<b>Pin</b>	<b>Descripción</b>	<b>Color</b>
4	Pulso hacia el sensor	Amarillo
5	Diagnostico del sensor	Verde
6	Retorno del pulso del sensor	Naranja
8	Alimentación del sensor (+)	Rojo
9	Tierra auxiliar independiente (datos opcionales)	Blanco
10	Tierra y retorno de los sensores	Negro
11	Pin de datos (pin opcional)	Violeta

Para una comunicación de datos puede utilizarse el pin 9 o el pin opcional 11. Si se utiliza el pin 11, la información deberá ser en un formato serial compatible con un estándar industrial conocido o mediante un formato documentado que sea de carácter público.

- Sensores de 2 cables (2 wire)

Se pueden encontrar ya sea en sensores de termistor y ópticos. El funcionamiento de estos sensores consiste en determinar si existe algún cambio en su resistencia (termistor) o si se da la interrupción de un haz de luz (óptico) mediante los dos cables que se conectan al sensor, como se ilustra en la Figura 3.8. Para la utilización de este tipo de diseño se debe recurrir a los conectores del sistema de termistor los cuales poseen 9 pines (ver Figura 3.6) y con el color verde para su identificación (ver Figura 3.4). La cantidad máxima de compartimientos que pueden ser monitorizados por medio de estos equipos son 8. Para la utilización de los sensores ópticos de dos hilos se puede dar su utilización mediante monitores a bordo.

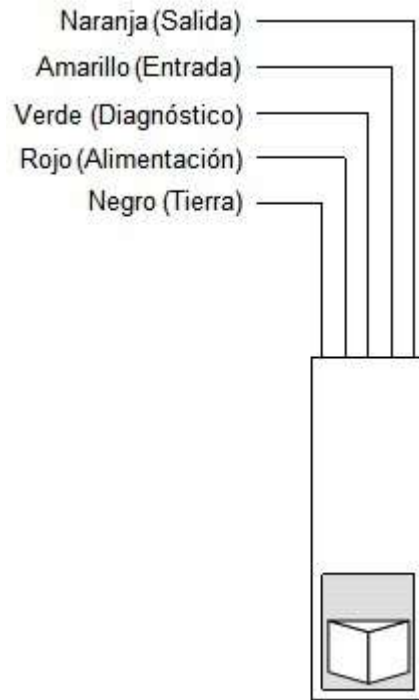




**Figura 3.8** Diagrama de un sensor óptico/termistor de 2 cables (2 wire). [7]

- Sensores de 5 cables (5 wire)

Esta característica de 5 cables solo está presente para sensores ópticos. Para el uso de esta especificación se utiliza el sistema óptico el cual posee por lo general 6 ó 5 pines (ver Figura 3.7) debido a que no se utiliza el pin N° 11 y con el color azul en su enchufe y socket como se mostró en la Figura 3.5. En la Figura 3.9, se ejemplifica un diagrama de un sensor de 5 cables.



**Figura 3.9** Diagrama de un sensor óptico de 5 cables (5 wire). [8]

Como se indica en [8] el funcionamiento es el siguiente: el sistema alimenta aproximadamente con 20V los sensores a través del cable de alimentación (rojo), esta tensión es constante (no pulsada) y es aplicada por igual a cada dispositivo, además la isla de carga transmite una onda cuadrada con una amplitud aproximada de 12V, este pulso es transmitido por el cable de entrada (amarillo) de la primera sonda, si la unidad no está húmedo y funciona correctamente reproduce la señal por medio del hilo de salida (naranja) con una amplitud de 18V, es importante mencionar que la transmisión que sale del sensor 1 es de mayor amplitud que la de entrada, y es conectado al cable amarillo (entrada) del siguiente instrumento, si está seco y trabajando, reproduce la frecuencia en su línea de salida (naranja) con una amplitud aproximada de 18V. En este caso ya los pulsos de entrada y salida para los demás sensores son los mismos. Este proceso es repetido por el sistema hasta que la señal llega al receptor. El monitor de la isla analiza este pulso y si tiene la misma

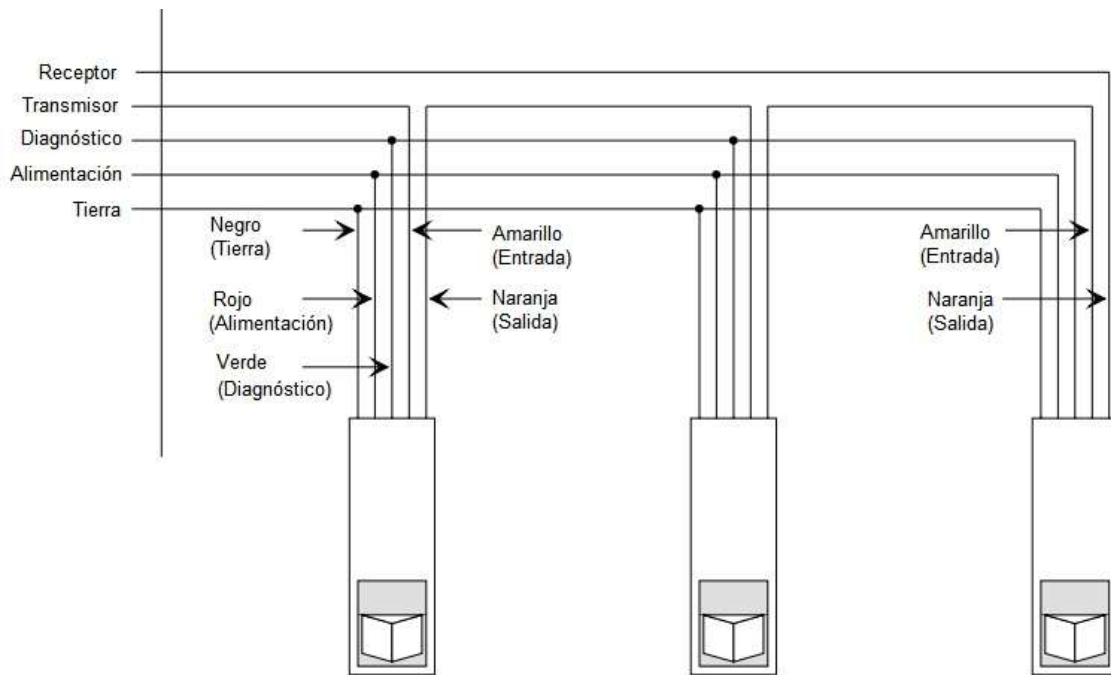
sincronización que el transmitido y es igual o mayor a 14V de amplitud el sistema permite la carga.

Si algún sensor está húmedo o falla no reproduce el pulso hacia su salida. Puesto que la sonda siguiente no recibe el estímulo, no se reproduce ningún pulso de salida independientemente si está húmeda o seca, por consiguiente el sistema no recibe ninguna señal y no permite la carga.

El cable de diagnóstico (verde) tiene la siguiente funcionalidad. Si el sensor está seco y funcionando produce un impulso en su salida, que también genera una cierta cantidad de corriente por el cable verde, cualquier sonda que no esté trabajando o esté húmeda no ocasionará ninguna señal en el cable de salida (naranja) y por consiguiente no generará corriente a través del cable de diagnóstico. Las corrientes creadas por todas las sondas se unen y mediante un comparador se indica mediante una fila de luces el compartimiento. Una luz se enciende por la cantidad de corriente que producen las sondas.

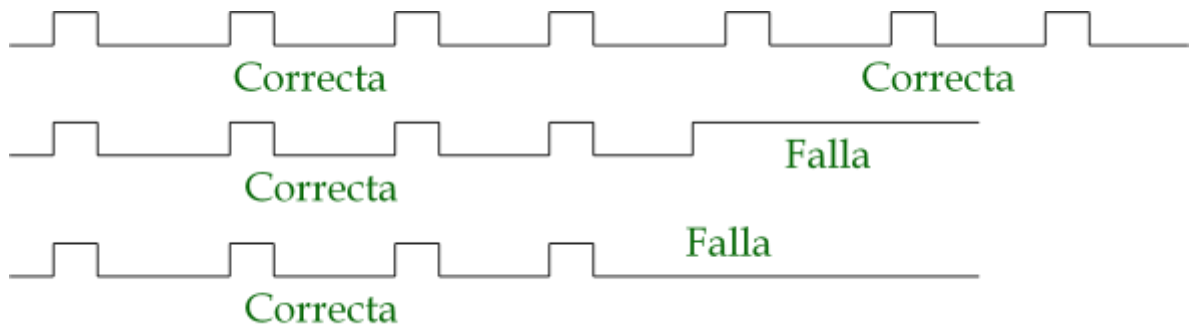
En el caso de que se realizara una conexión errónea del dispositivo, se debe recibir un pulso mayor al que se genera en la orden para permitir la carga. Por consiguiente, es difícil engañar al sistema conectando directamente el transmisor al receptor debido a que la señal recibida sería menor de 14V. Otra posible manera en que se podría interconectar mal el instrumento sería conectando el cable de alimentación (rojo) al receptor, pero como no es pulsada sino constante, el requerimiento de temporización de la señal es quebrantado.

En la Figura 3.10, se detalla la conexión de los sensores en un sistema de 3 compartimientos para un sistema de detección de sobrellenado únicamente.



**Figura 3.10** Conexión de sensores de 5 cables, en un sistema de 3 compartimientos. [8]

No solo hay que tomar en cuenta el caso de una mala conexión sino además se debe considerar que sucede si el sistema presente una alteración con la información que envía al cargadero, o si los sensores se activan en un proceso de carga. Para esto se utiliza el proceso de sincronización, el cual verificada la señal enviada como la recibida para corroborarlas. En la Figura 3.11, se muestra cómo se generan las condiciones de error.



**Figura 3.11** Condiciones de fallo de la señal. [9]

### **3.3 Descripción de los principales principios físicos y/o electrónicos relacionados con la solución del problema.**

#### **3.3.1 Corrientes estáticas.**

Como lo menciona Rivas [10], la corriente estática se origina debido a un desequilibrio temporal en la repartición de las cargas en la superficie de dos materiales en contacto por transferencia de electrones, creando un campo eléctrico y una diferencia de potencial entre ellos. Este fenómeno se genera por la acumulación de cargas eléctricas en un objeto mediante frotación, causando que se retiren los electrones de la superficie de un material y se reubique en la superficie de que ofrece mejores niveles energéticos.

En la carga de camiones cisterna la generación y acumulación de electricidad estática se puede producir con el simple hecho del movimiento del producto a lo largo de la tubería, de la velocidad de circulación por la misma [11] y por el hecho de que caiga el líquido en el interior de un tanque para su llenado con el resultante del movimiento sobre las paredes, generando turbulencias y salpicaduras [12].

#### **3.3.2 Ley de refracción de Snell**

Esta ley relaciona la trayectoria de un rayo de luz cuando llega al límite de un medio que está en contacto con otro y poseen índices de refracción  $n$  distintos. Una de las características que presenta esta ley es la reflexión interna total y se da cuando el haz se encuentra en un medio con un índice de refracción mayor e intenta ingresar a uno con un índice de refracción menor, ocasionando que se refleje y no pueda atravesar la superficie. [13]

## **Capítulo 4. Procedimiento Metodológico**

---

### **4.1 Reconocimiento y definición del problema**

El reconocimiento y definición del problema se estableció a través de reuniones por parte del Ing. Jahaziel Acosta Guevara y el Ing. Pablo Bonilla Sequeira en conjunto con los encargados del proyecto en el Departamento de Proyectos de Ingeniería, que en visitas a planteles localizados en otros países se dieron cuenta de la diversidad de sistemas que existen en el mercado y en conversaciones con la Cámara de Transportistas de Combustibles pudieron comprobar dicha variedad en la flotilla nacional.

### **4.2 Obtención y análisis de información**

Las fuentes de información que permitieron obtener datos relevantes con respecto al desarrollo del proyecto, se obtuvieron mediante el uso de internet, para lo cual el Departamento de Proyectos de Ingeniería facilitó un espacio para la utilización de una computadora y el respectivo acceso a internet.

Es importante mencionar que RECOPE suministró información sobre el proyecto, así como de ciertas Normas que eran indispensables para la elaboración del proyecto. También se debe reconocer el arduo estudio realizado a los datos e información de equipos facilitados por los proveedores de los sistemas para poder tomar las decisiones que permitieron llegar a la solución más adecuada que se requería para el desarrollo de este proyecto.

### **4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución**

Dado el tipo de proyecto y la variedad de marcas de equipos para la industria petroquímica, existen múltiples soluciones pero para cada una de ellas se debe realizar un análisis metódico sobre las virtudes, ventajas, desventajas, disponibilidad y respaldo en el país, experiencias anteriores de uso, tiempo de entrega y soporte, para poder escoger la mejor solución.

Es importante realizar un análisis de diseño, para ello se debe estar en una comunicación constante con los implicados en el proyecto, no solo en el área de la electrónica, sino en muchos otros campos que involucra un proyecto de tal magnitud, con el fin de no dejar pasar ningún detalle.

#### **4.4 Implementación de la solución**

La implementación de la solución requirió un estudio de varias normas relacionadas con el proceso de carga ventral y normas de seguridad para el manejo productos derivados del petróleo, en específico los crudos livianos. Por lo que se hizo necesario cumplir con estándares internacionales que dictan instituciones como API, NFPA y NEC las cuales dictan pautas que deben ser acatadas para dicho proceso. Además se debió estudiar la forma en la cual opera el sistema Intellitrol para determinar con estudios realizados posteriormente a las hojas de datos de los equipos, la compatibilidad con dicho sistema.

Mediante visitas que realizaron personeros de RECOPE a otros planteles de la región notaron los beneficios y características que presenta el proceso de carga por el fondo, por otra parte mediante consultas a proveedores sobre el funcionamiento y adaptabilidad de sus equipos y además analizando algunos vehículos nuevos que están ingresando al país o que ya se encuentran operando, que tienen en parte o su totalidad las características necesarias para la nueva forma de carga, se procedió a la elaboración de una propuesta de las indicaciones, características y elementos que debe tomarse en cuenta para la instalación en los camiones cisterna y sean aptos para poder utilizar los nuevos cargaderos.

Una vez estudiado lo correspondiente a las normas y los conceptos necesarios se procedió a realizar un documento con los requerimientos y especificaciones, que posteriormente de diversas revisiones se convirtieron en anexos para el proyecto T1083B-LN - Construcción de Tanques y Cargaderos en el Plantel de Ventas de Refinería, en la parte de Especificación Técnica – Cisternas para Carga Ventral de Producto Limpio.

A lo largo del desarrollo del proyecto se tuvo que modificar la solución propuesta inicialmente debido a que se presentaban algunas limitaciones, una de ellas fue que para ciertos vehículos los equipos los excluían esto debido primordialmente en la cantidad de compartimientos que se podían monitorizar con los sistemas en contraparte con los que poseían, debido a que la cantidad máximo de tanques para los equipos eran ocho (8) y existen transportes que poseen más, con lo cual se debieron tomar acciones pertinentes para incluirlos. Otra dificultad que se presentó fue respecto a la aceptación de los transportistas al cambio que tenían que realizar a sus unidades debido a los costos que se presentan para esta modificación en la carga de combustibles. Por las razones anteriores se debió realizar variantes en el diseño para solventar los contratiempos presentes en la realización del proyecto.

#### **4.5 Reevaluación y rediseño**

En proyecto se podría mejorar con la utilización de dispositivos que faciliten a los transportistas la entrada a los planteles y la ubicación de las islas de llenado que les corresponde, logrando con esto disminuir aun más los tiempos de espera desde que se llega a los lugares de distribución de combustibles. Por lo cual se podría utilizar etiquetas electrónicas para lograr las características mencionadas y además poder identificar los vehículos y garantizar que el camión cisterna que se está llenando sea el que se determina en la hoja de compra, aumentando los niveles de seguridad en las instalaciones.



## **Capítulo 5. Descripción detallada de la solución**

---

### **5.1 Análisis de soluciones y selección final**

Con el reconocimiento del problema, la obtención y estudio de la información referente al proyecto, se logró llegar a alternativas viables de posibles soluciones. Esto exigió una rigurosa investigación sobre los distintos aspectos que se requerían como las características, ventajas y limitaciones de los equipos y las opciones que se plantearon, con el propósito de realizar un planteamiento firme respecto a los requerimientos y alcances de dichas alternativas, permitiendo lograr una propuesta de manera exitosa.

La solución propuesta se fundamentó en observaciones, en reportes, en documentos de la industria petrolera y consultas a expertos en las áreas de instrumentación referente al proceso. Una vez estudiados, analizados y detallados los distintos criterios, se tomaron las decisiones necesarias para realizar la base de la configuración estructural del sistema y realizar los cambios necesarios para solventar las limitaciones que se presentaron al planteamiento inicial.

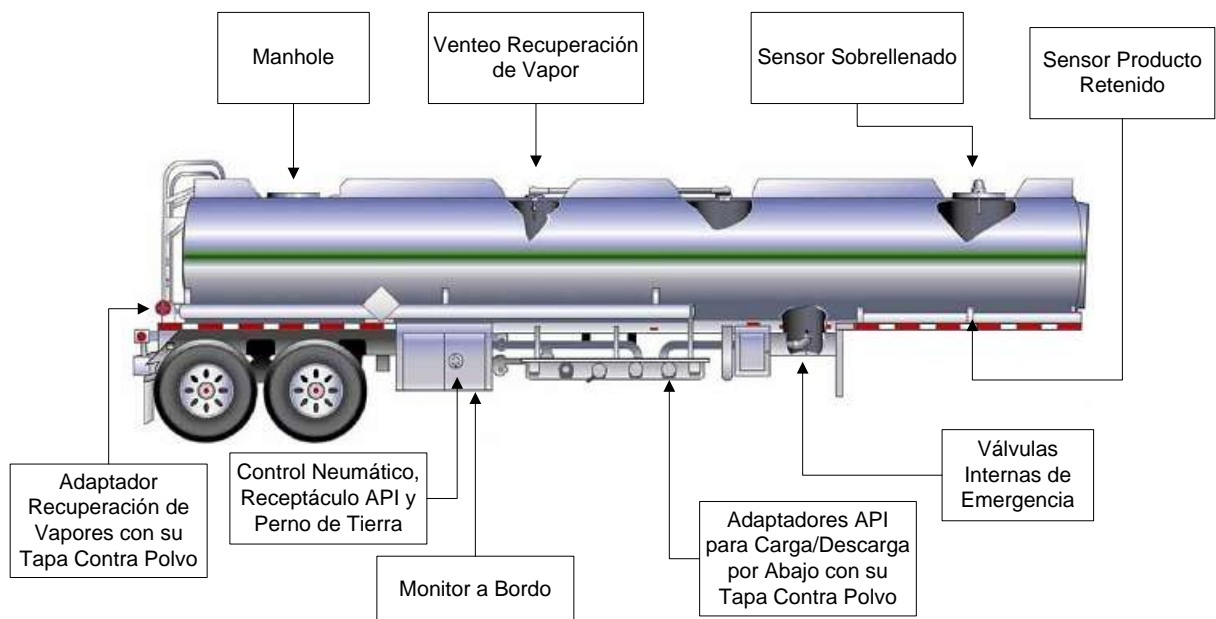
Consecuentemente, se procedió con la discriminación sobre las diferentes opciones de equipos e instrumentos que se encuentran en el mercado internacional, esto en función del cumplimiento de las expectativas y los criterios requeridos por parte de los sistemas para el proceso de carga ventral de los camiones cisterna como también de la disponibilidad en el país, para luego continuar con la optimización de la configuración y satisfacer los diferentes aspectos que conforman el proyecto y cuya importancia principal es la seguridad en el control del proceso de llenado de los vehículos.

### **5.2 Descripción**

La solución planteada a este proyecto consta de una serie de instrumentos colocados en los camiones cisterna cuyos dueños desean utilizar el proceso de carga ventral que se implementará en la nuevo plantel de ventas de la refinadora,

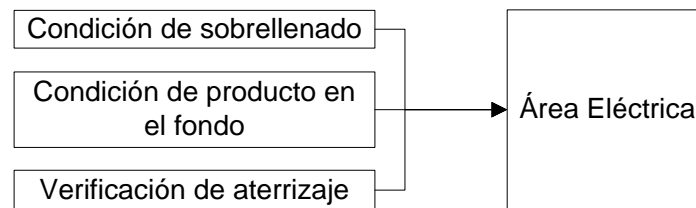
con lo cuales se pretende la automatización en el llenado de los vehículos por la parte inferior de los tanques, utilizando como referencia lo descrito en la norma API RP 1004. Las señales provenientes de los equipos de monitorización ingresan al rack controlador que se encuentra en la isla de carga (Intellitrol) con el fin de controlar el flujo del producto con el cual se llena los compartimientos. Es por esto que Intellitrol realizará la labor de controlar el estado del proceso, monitorizando los elementos que se involucran en este sistema desde el inicio hasta el final del proceso de carga.

En la Figura 5.1 se presenta el diagrama de la colocación de los elementos más importantes que requiere un camión cisterna para la carga ventral, donde se observan dos áreas de requerimientos en las cuales se encuentran la parte eléctrica y mecánica. No obstante, el diseño no solo se limita a los elementos descritos en esta figura.



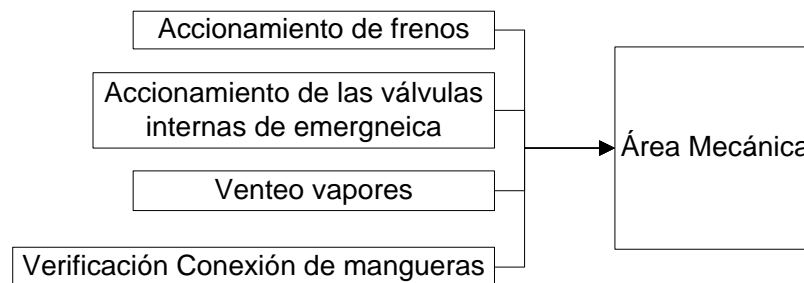
**Figura 5.1** Diagrama general de la ubicación de los componentes más importantes de un camión cisterna apto para la carga ventral. [14]

- o La primera área está compuesta por la parte eléctrica, la cual es utilizada para la verificación de los elementos electrónicos y condiciones eléctricas que se requieren para permitir el llenado del camión cisterna y que son contemplados en la norma API RP 1004, en la Figura 5.2 se muestran las condiciones eléctricas que se requieren para el proceso de llenado de los vehículos cisterna.



**Figura 5.2** Requerimientos de condiciones eléctricas para la carga por abajo.

- o La segunda área corresponde principalmente a funciones adicionales y requerimientos estipulados en la norma API RP 1004 y la norma nacional 32921, que se requerían para el sistema y que se solventaron mediante dispositivos mecánicos y que algunos de ellos son controlados por señales neumáticas para su accionamiento, en la Figura 5.3 se observan las situaciones mecánicas que se implementaron para el proyecto.



**Figura 5.3** Requerimientos mecánicos para el proceso de carga ventral.

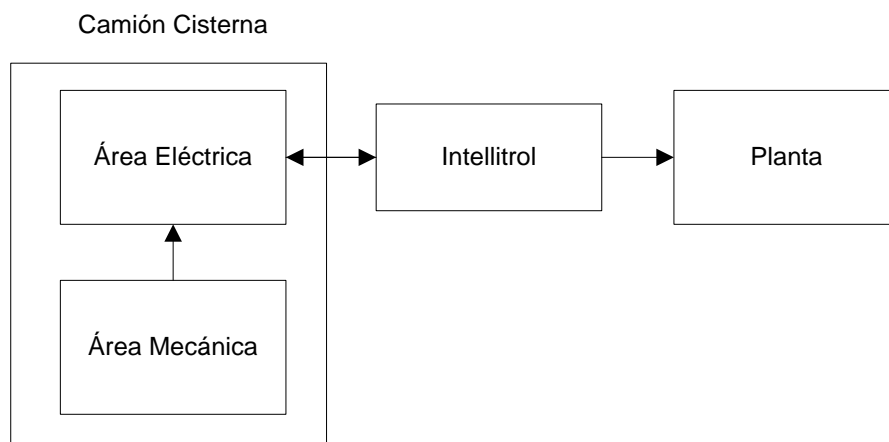
Primeramente se debe tener una noción de cómo es la forma del proceso para ello en la Figura 5.4 se ejemplifica el diagrama de primer nivel entre la conexión de los componentes que interactúan en el proyecto.



**Figura 5.4** Diagrama de bloques de primer nivel de la interconexión de los sistemas en el proceso.

Como se mencionó anteriormente el bloque indicado como Intellitrol es el que se encarga de monitorizar las condiciones presentes en el vehículo y de esta forma activar las bombas para que se llenen los compartimientos del camión.

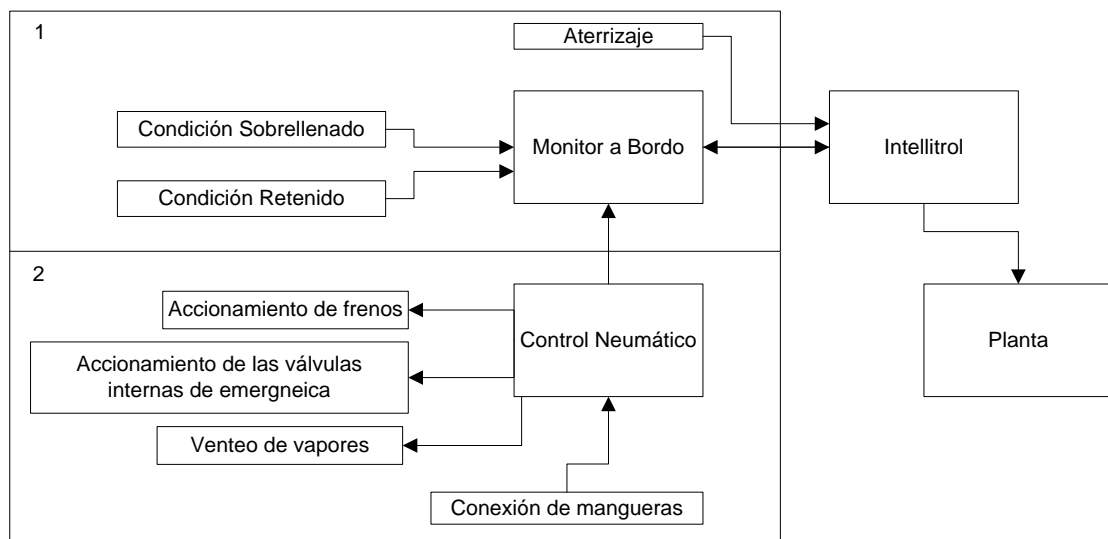
Por lo anterior la forma en la cual interactúan las áreas antes mencionadas se muestra en el diagrama de segundo nivel que se denota en la Figura 5.5.



**Figura 5.5** Diagrama de bloques de segundo nivel de la interconexión de los sistemas en el proceso y la ubicación de las áreas de requerimientos.

En esta figura (Figura 5.5) se evidencia que el área mecánica se conecta a la eléctrica, esto es debido a que las señales neumáticas debían convertirse en señales eléctricas para que el sistema Intellitrol pudiera detectarlas y de esta forma controlar el proceso de llenado. Para ello se utilizó un control neumático que unificaba todas las señales de los dispositivos mecánicos que podían ser accionados por este tipo de señales, utilizando elementos lógicos neumáticos tipo “O” y tipo “Y” mediante una lógica de conexión que permitió el funcionamiento de los componentes, y finalmente llegar al panel de control para dar una indicación de que todos los permisos requeridos fueron cumplidos, de esta forma activar un interruptor de presión que se conecta al monitor a bordo para generar la señal eléctrica necesaria para dar la confirmación al inicio del llenado de los compartimientos.

En la Figura 5.6 se observa el diagrama de tercer nivel para la implementación de la solución y como se da la interconexión entre los elementos de las dos áreas; lo que está dentro del recuadro 1 corresponde al área eléctrica y el recuadro 2 al área mecánica.



**Figura 5.6** Diagrama de bloques de tercer nivel la interconexión de los sistemas en el proceso y la ubicación de las áreas de requerimientos.

A continuación se detalla el funcionamiento de los bloques que forman parte de la Figura 5.6 y están dentro de los recuadros 1 y 2.

El monitor a bordo es el dispositivo que se encarga de revisar las condiciones del vehículo, además se utiliza para dar indicaciones visuales en situaciones de fallo antes o durante el proceso de carga, de esta forma poder resolver los distintos escenarios que se pueden presentar, por otra parte es de gran utilidad ya que permite de una manera fácil adecuar permisos adicionales a las condiciones de sobrellenado y retenido que son de gran importancia para la seguridad de la operación.

Para la condición de sobrellenado se seleccionaron sensores ópticos, los cuales se encargan de enviar una señal al monitor a bordo cuando no han sido alcanzados por el producto, una vez que el líquido hizo contacto con la sonda está deja de transmitir la información hacia el dispositivo el cual da una indicación visual al operario sobre cual compartimiento presenta un evento de sobrellenado y además transmite la información a Intellitrol para que este detenga el proceso de bombeo de combustible.

Con la funcionalidad de detectar líquido en el fondo (condición retenido) se garantiza que no se contamine el producto de la empresa al mezclarse con otro y evitar también que se pueda presentar una condición de sobrellenado debido a que se podría sobrepasar la capacidad del tanque, para esto también se escogió un sensor tipo óptico. El monitor a bordo al detectar esta condición no permitirá el trasiego de combustibles para evitar las condiciones mencionadas previamente. Durante el llenado del compartimiento se activará esta condición, por lo cual la unidad debe tener un botón para restablecer los dispositivos y así permitir la carga.

El aterrizaje se utiliza para proporcionar verificación de la continuidad con tierra del camión cisterna, esto con el fin de reducir la corriente estática que se produce por el flujo del líquido dentro de las tuberías y en el interior del depósito. Es importante destacar que esta situación es una de las condiciones que el sistema Intellitrol verifica inicialmente.

Concerniente a la parte mecánica, como se mencionó anteriormente el control neumático es el que se encargó de crear las señales necesarias para los elementos mecánicos (que son controlados por señales neumáticas) y de esta forma crear la señal que garantice los permisos neumáticos que da algunos de los niveles de seguridad que son requeridos por la empresa, como lo son el accionamiento de los frenos, apertura de las válvulas internas de emergencia y funcionamiento de los venteos de los compartimientos.

Para realizar la tarea de que el vehículo no se mueva cuando se está llenando se utilizaron válvulas de bloqueo de frenos las cuales se conectan a las válvulas de relé de los mismos para garantizar el enclavamiento del vehículo durante el proceso.

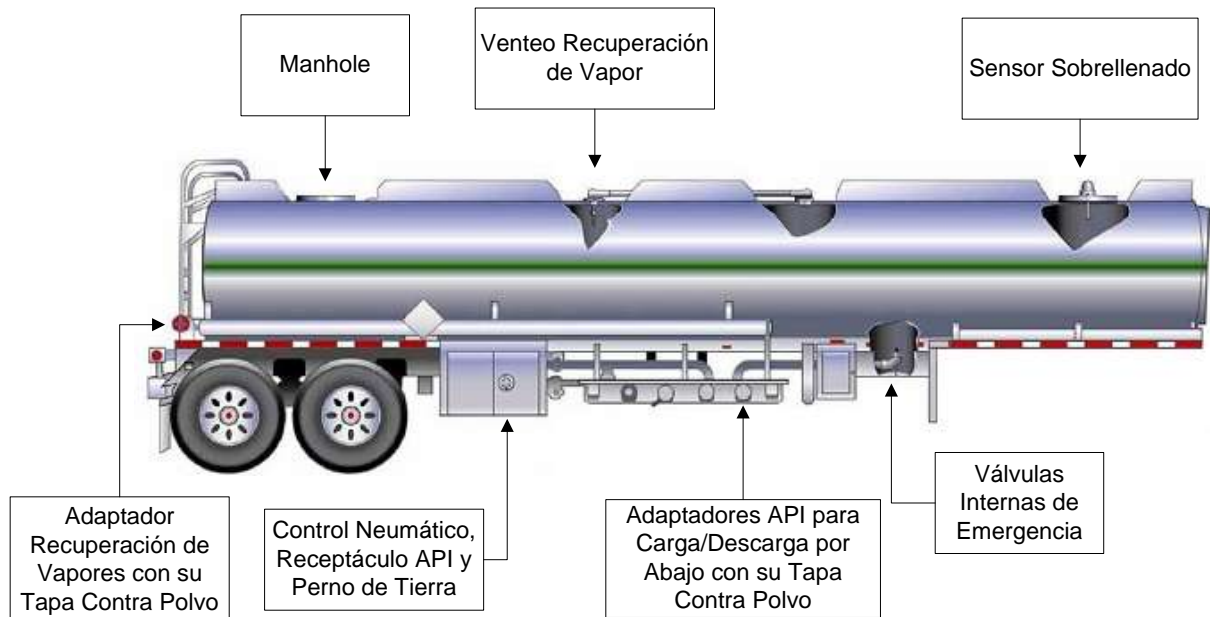
Para expeler los gases que se encuentran en el interior de los depósitos de una forma adecuada y no exponer al personal a las inhalaciones de estos se utilizaron venteo que se conectan una línea múltiple de recuperación vapores, sellando efectivamente los compartimientos del tanque durante el transporte y durante la carga y la descarga se abren para permitir el flujo de vapor del proceso, como lo dicta la norma nacional 32921.

De acuerdo al Reglamento Técnico de Transporte Terrestre de Hidrocarburos Líquidos (excepto LPG), todos los tanques deberán contar con válvulas en el fondo para garantizar el llenado y descarga de los mismos. Por lo cual se utilizaron válvulas internas de emergencia neumáticas y utilizando el circuito neumático fueron operadas en conjunto con los venteos para asegurar que el compartimiento no sufra ningún daño estructuras debido a la presión que se puede crear en su interior.

Para la verificación de la conexión de las mangueras de recuperación de vapores y de carga de los hidrocarburos se utilizaron válvulas piloto de tres (3) vías para el bloqueo de aire que se instala en los adaptadores de estos dispositivos que va conectado al control neumático para activar las condiciones que se requieren para dichas acciones.

Con lo mencionado en la sección 4.4 Implementación de la solución, debió realizarse una variante adicional al diseño original por las razones que se expusieron en dicho apartado, por lo cual para esta opción se debió eliminar el monitor a bordo y como consecuencia perder la opción de detectar producto en el fondo, como se observa en la Figura 5.7.

Por esta razón se debió analizar la forma de mantener el área mecánica para mantener las condiciones deseadas y los niveles de seguridad en el proceso.

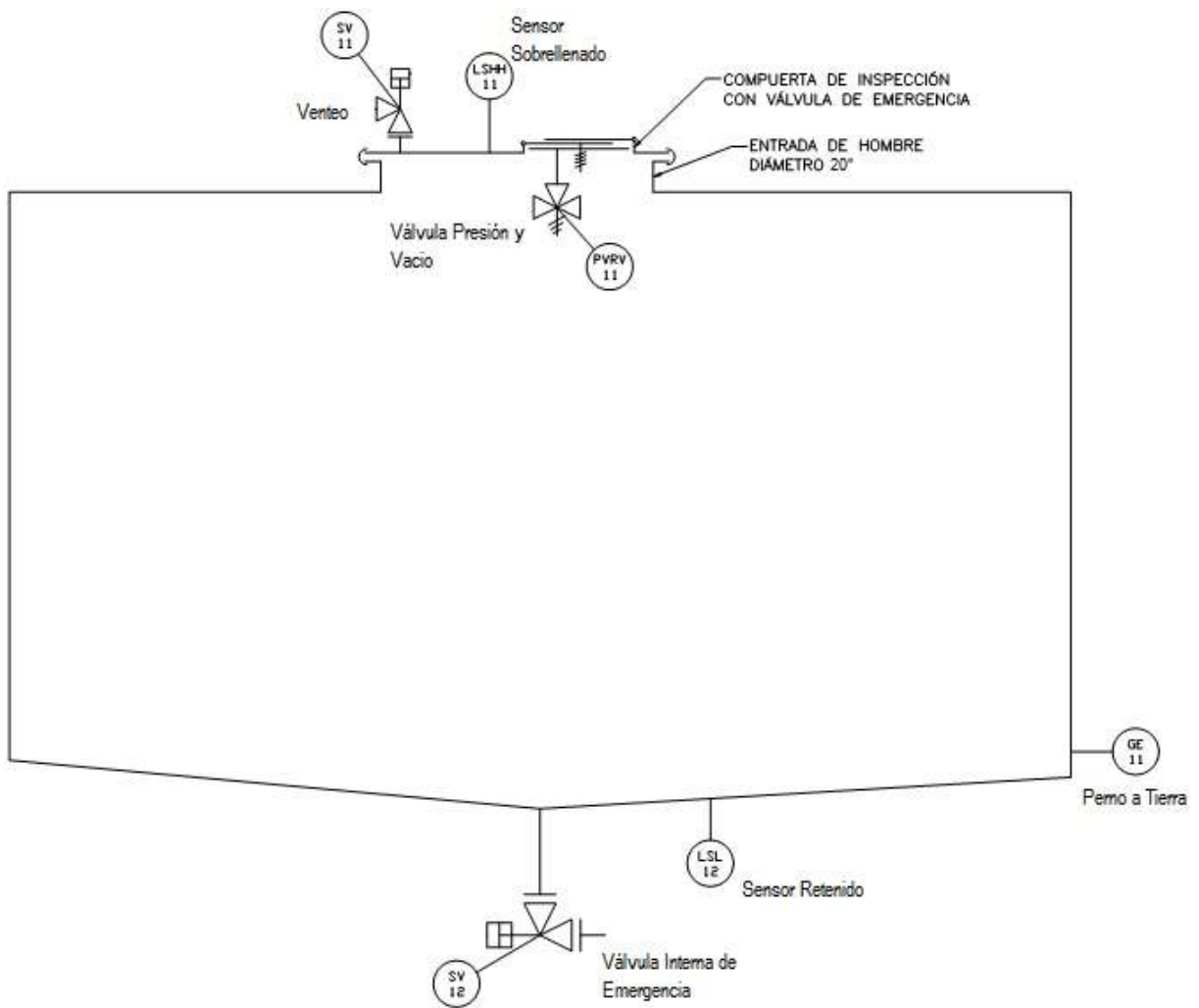


**Figura 5.7** Diagrama general de la ubicación de los componentes más importantes de un camión cisterna apto para la carga ventral, para la variante adicional del diseño. [14]



### 5.3 Diseño de la instrumentación

Primeramente se expondrán los elementos que se deben colocar en cada uno de los compartimientos del camión cisterna, con los cuales se realizaron las labores que se requerían para la automatización en el proceso, además de otros dispositivos que eran necesarios para garantizar los niveles de seguridad que se indican en la norma 32921, como lo fue la inserción de válvulas de presión y vacío para evitar daños estructurales a los compartimientos por la expansión y contracción térmica del producto que transportan y del mismo depósito. En la Figura 5.8 se especifican los dispositivos propiamente conectados al tanque.



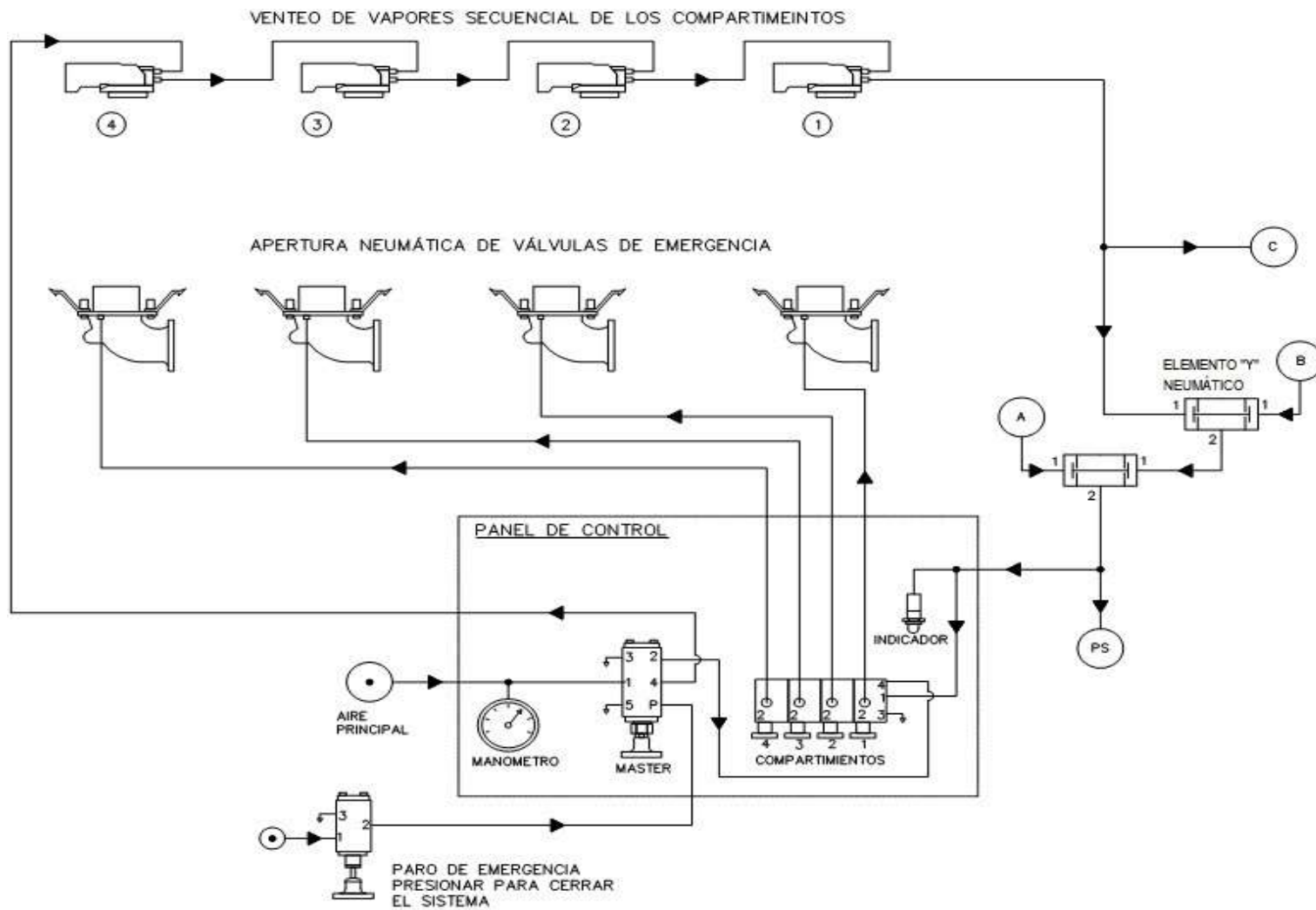
**Figura 5.8** Diagrama P&ID de elementos que deben poseer los compartimientos. [15]

En la Figura 5.8 se observa la colocación del perno a tierra pero es solo para hacer referencia de que todos los compartimientos están eléctricamente conectados para el aterrizaje mediante la estructura metálica del chasis de la carreta en donde debe instalarse dicho dispositivo según la norma API RP 1004.

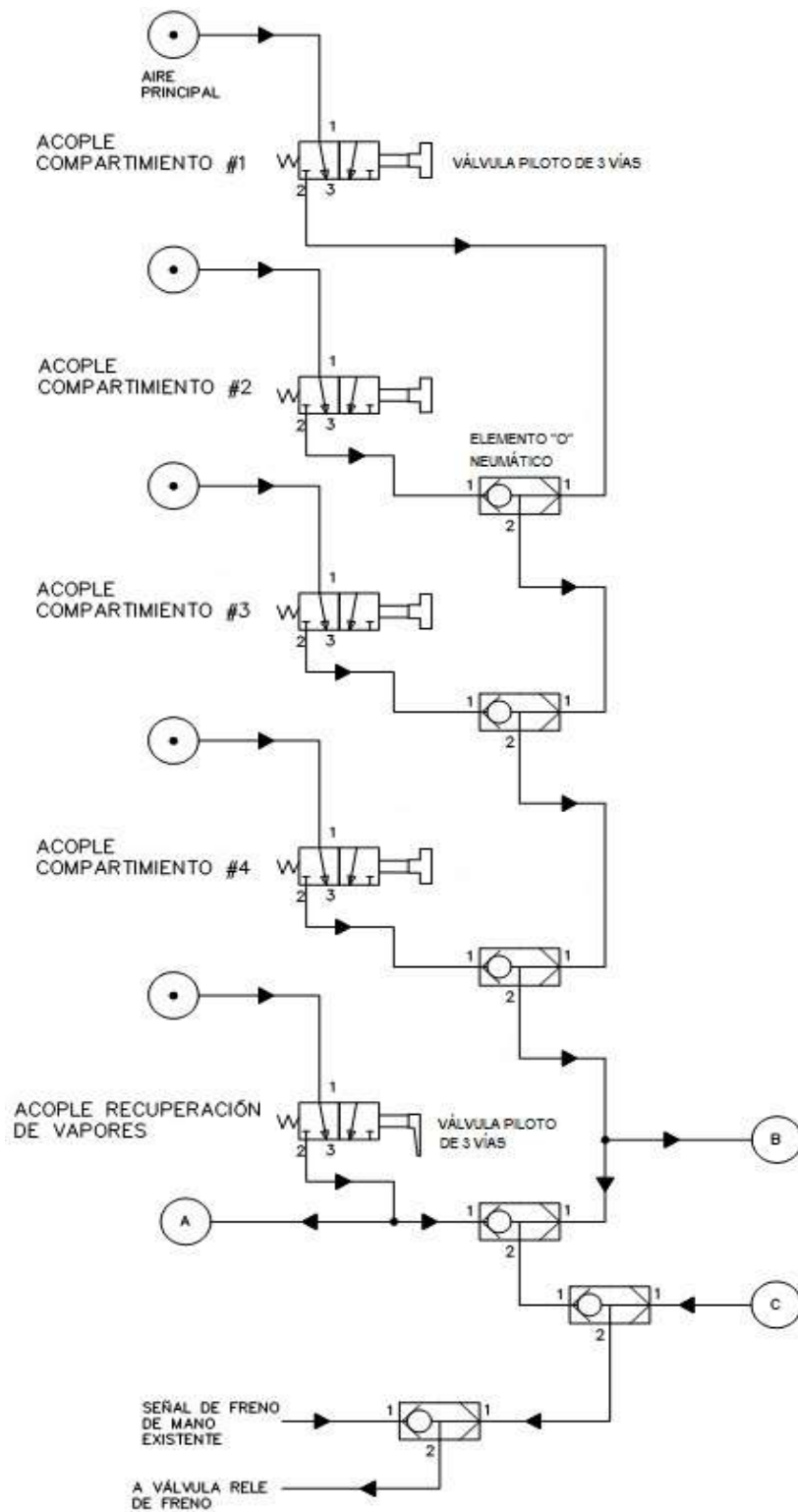
### **5.3.1 Etapa mecánica**

Como se ha indicado la función principal de esta etapa es la de activar los elementos neumáticos del sistema, para la apertura de las válvulas internas de emergencia, accionamiento de los venteos, enclavamiento del vehículo y posteriormente dar confirmación al monitor a bordo de los permisivos neumáticos. En la Figura 5.9 y Figura 5.10 se muestra el diseño de instrumentación respectivo para el área mecánica para un vehículo de 4 compartimientos. En la Figura 5.10 se muestra el circuito utilizado para la comprobación del acople de las mangueras de carga y de recuperación de vapores que mediante válvulas piloto de tres (3) vías alimentadas por el aire principal del camión que activan el circuito neumático mostrado, en esta figura se hace referencia a la Figura 5.9 y viceversa mediante las continuaciones de la tuberías utilizando los elementos A, B y C, los cuales siguiendo el flujo presente en los diagramas llevan la señal de aire entre ellos.

En la Figura 5.9 se muestra la utilización del panel de control neumático para la apertura de las válvulas de emergencia y el accionamiento de los venteos, en esta imagen se aprecia la utilización de los elementos “Y” que utilizan también las señales provenientes de la Figura 5.10. En este diagrama se observa la utilización de una válvula de paro de emergencia que es una sugerencia de seguridad dado por el fabricante que se utiliza para desactivar el panel a distancia y como consecuencia detener el llenado del camión cisterna.



**Figura 5.9** Diagrama P&ID del circuito lógico neumático con las válvulas internas de emergencia, venteos y control neumático, para un vehículo de 4 compartimentos. [15]



**Figura 5.10** Diagrama P&ID del circuito lógico neumático para la comprobación del acople de mangueras y la activación de los frenos, para un vehículo de 4 compartimentos. [15]

### 5.3.2 Etapa Eléctrica

Esta etapa cumplió la función de garantizar la comunicación de los equipos instalados en el vehículo cisterna con el de la isla de carga y tener la capacidad de detectar las señales originadas en la etapa mecánica como también de los elementos de electrónica que se requerían para las necesidades del proceso.

Es por lo anterior y lo con lo que se dictamina en la norma API RP 1004 que se requirió la utilización de dispositivos que ayudaran a detectar las condiciones para las cuales se tendría que detener el proceso de carga o no autorizarla con el fin de evitar accidentes y garantizar la seguridad tanto de las personas como de las instalaciones.

Previamente se debió obtener los dispositivos que indicaran una condición de sobrellenado para lo cual se eligieron sensores ópticos (sistema óptico), los cuales debieron tener las siguientes condiciones:

- El dispositivo tenía que contar con un prisma al final de la sonda con un índice de refracción entre 1.37 y 1.60.
- Poder trabajar con fluidos con una viscosidad máxima de 1000 SSU.
- El cuerpo del sensor debía ser de aluminio.
- Ser de longitud ajustables.
- La conexión del sensor será de 50.8 mm (2") con rosca NPT y contratuerca en acero inoxidable para conexión al manhole.
- Deberá operar satisfactoriamente a temperaturas entre -40 °C y 50 °C como mínimo.

Para la característica de detectar la presencia de algún líquido en el fondo del depósito se utilizaron sonda de tipo óptico al igual para la característica de sobrellenado y de iguales condiciones, a diferencia que como se utilizó para la colocación en la parte inferior del tanque debió cumplir con:

- Debió ser de fabricación en acero inoxidable.
- Con una sonda de 12.7 mm (1/2").

- Adaptador de conexión roscada de 50.8 mm (2") NPT.

Un parámetro importante era la conexión del chasis del camión cisterna a tierra para asegurar la creación de corrientes estáticas para lo cual se utilizó un perno a tierra el cual debió contar con las disposiciones siguientes:

- Construcción en acero inoxidable.
- La dimensión del cable debió ser como mínimo de 165 cm de longitud y calibre #14.

Las especificaciones en la longitud del cable se debió a que este dispositivo debe ir firmemente sujeto al chasis y cableado a la clavija N° 9 del receptáculo como lo indica la norma API RP 1004.

Una vez determinado los dispositivos que se utilizaron, se procedió a seleccionar un elemento que reuniera todos los permisivos y le indicara al Intellitrol que puede realizar el llenado del depósito. Para ello se utilizó un monitor a bordo el cual permitió realizar estas tareas, y debió contar con las siguientes especificaciones:

- Entradas auxiliares.
- Diagnóstico completo del sistema.
- Compatible con sensores tipo óptico.
- El monitor deberá monitorizar los sensores a bordo constantemente para verificar su condición.
- Aprobación por Factory Mutual (FM) para operar en áreas clasificadas Clase I, División 2, Grupos C y D. (API 500).
- Entre otras.

## Capítulo 6. Análisis de resultados

---

### 6.1 Resultados

Para poder dar la señal de apertura a las válvulas internas de emergencia mediante el panel de control como se observa en la Figura 5.9 se deben tener las siguientes condiciones:

- Al menos un brazo de carga debe estar conectado.
- El brazo de recuperación de vapores debe estar conectado.
- Los venteos secuenciales debe estar abiertos y la señal del último compartimiento de haber retornado al panel.

En la Tabla 6.1 se muestra el funcionamiento del circuito neumático utilizado en la Figura 5.9 con el uso de los elementos “Y” para permitir la apertura de las válvulas internas de emergencia. En esta tabla se debe entender “0” que no está conectado (brazo) o activados (venteos) y “1” que está conectado (brazo) o funcionando (venteos), según sea el caso.

**Tabla 6.1** Tabla de verdad para la función lógica de apertura de las válvulas internas de emergencia.

Venteos	Brazo recuperación vapores	Brazo de carga	Apertura
0	0	0	No
0	0	1	No
0	1	0	No
0	1	1	No
1	0	0	No
1	0	1	No
1	1	0	No
1	1	1	Si

Para generar la señal de activación de los frenos del camión, y como se concluye en la Figura 5.10, se necesita de al menos una de las siguientes condiciones:

- Si un brazo de carga está conectado.
- Si el brazo de recuperación de vapores está conectado.
- Los venteos secuenciales se encuentran abiertos, eso implica que el panel neumático está energizado.

En la Tabla 6.2 se muestra el funcionamiento del circuito neumático utilizado en la Figura 5.10 con el uso de los elementos “O” para activar el sistema de frenos del camión. En esta tabla se debe entender “0” que no está conectado (brazo) o activados (venteos) y “1” que está conectado (brazo) o funcionando (venteos), según sea el caso.

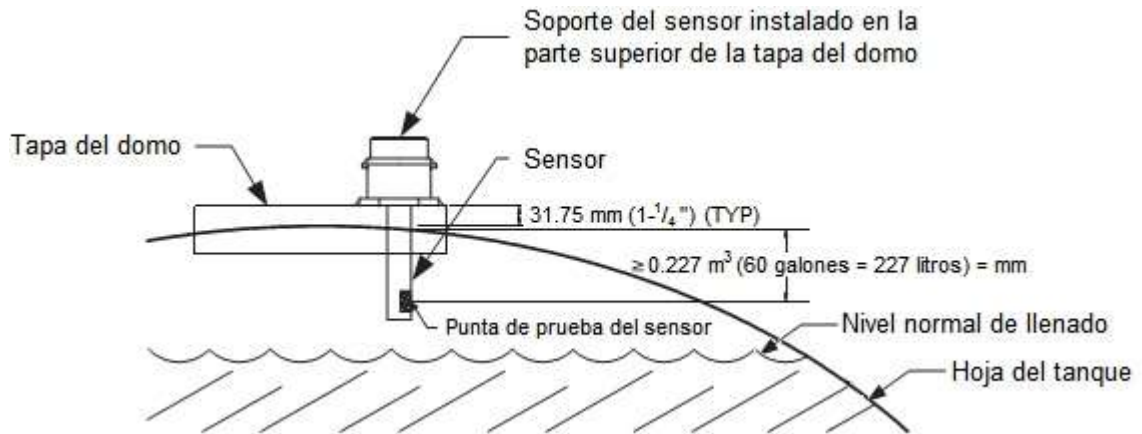
**Tabla 6.2** Tabla de verdad para la función lógica de enclavamiento de los frenos.

Venteos	Brazo recuperación vapores	Brazo de carga	Activación
0	0	0	No
0	0	1	Si
0	1	0	Si
0	1	1	Si
1	0	0	Si
1	0	1	Si
1	1	0	Si
1	1	1	Si

En caso de que el vehículo posea 2 adaptadores para la recuperación de vapores como se menciona en la norma API RP 1004, se debe considerar para dar la señal que el brazo esté conectado a un adaptador, y la colocación de los mismos debe ser conforme se indica en la norma API RP 1004.



Como se especificó en la sección 5.3.2, el sensor deberá ubicarse sobre el manhole o tapa del domo como se muestra en la Figura 6.1 y respetando un espacio libre mínimo de 0.227 m<sup>3</sup> (60 galones o 227 litros) en el tanque como se indicó en la sección 3.1.2.1.



**Figura 6.1** Colocación del sensor de sobrellenado sobre el manhole en la tapa del domo. [5]

Para la utilización de monitores a bordo se recomendó el modelo Intellicheck2 de Scully con una capacidad de hasta 8 compartimientos (Figura 6.2) o el 3202 ROMII Monitor de Civacon con un máximo de 6 depósitos (Figura 6.3).



**Figura 6.2** Intellicheck2 de Scully.[16]



**Figura 6.3** ROMII Monitor 3202 de Civacon.[17]

En el proyecto se establecieron 2 variantes en el diseño debido a los costos económicos, al proceso de transición y a las limitaciones de los monitores a bordo con respecto a la cantidad de compartimientos que se pueden monitorizar. Por estas razones las variantes fueron:

- Utilización de un monitor a bordo en el vehículo.
- Camiones no cuenten con monitor a bordo.

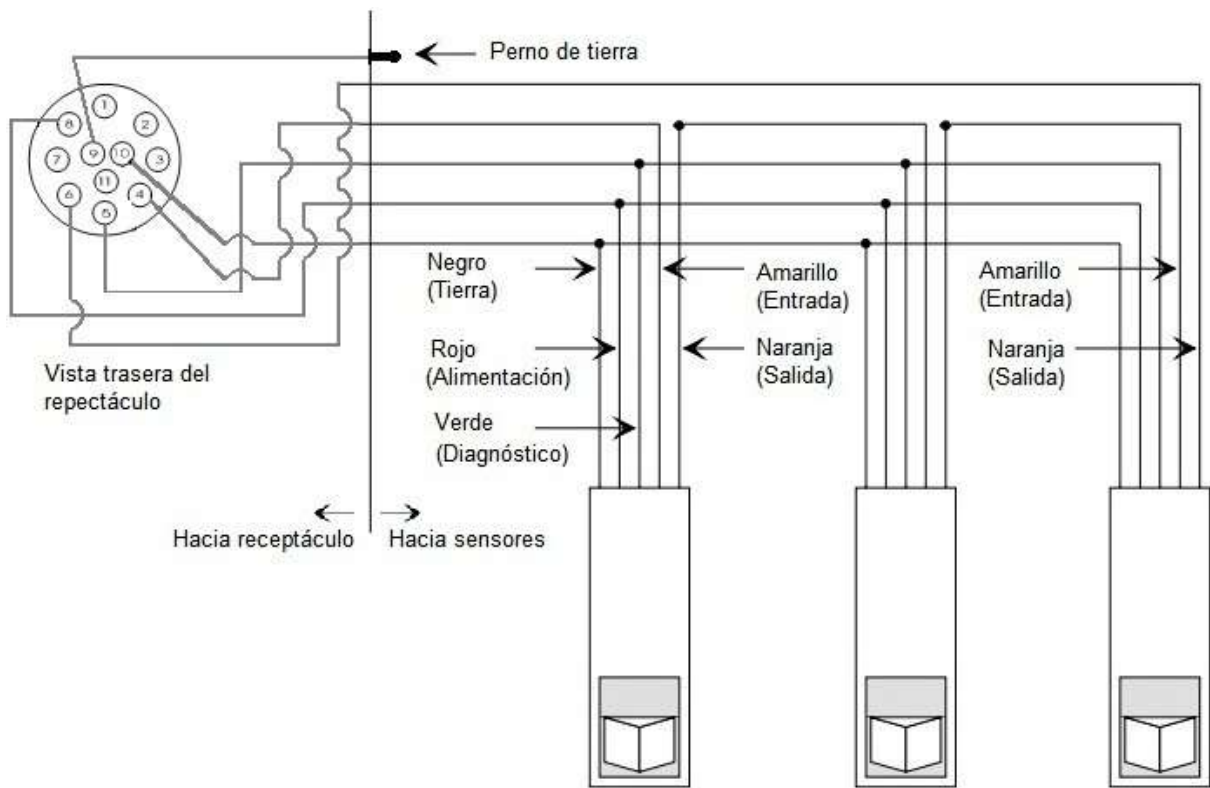
Si se instala un monitor a bordo el cableado hacia el receptáculo solo necesita de cuatro (4) de las siete (7) líneas del sistema óptico, las cuales se muestran en la Tabla 6.3.

**Tabla 6.3** Codificación de colores para el cableado del sistema óptico entre el monitor a bordo y el receptáculo.

<b>Pin</b>	<b>Descripción</b>	<b>Color</b>
4	Pulso hacia el sensor	Amarillo
6	Retorno del pulso del sensor	Naranja
8	Alimentación del sensor (+)	Rojo
10	Tierra y retorno de los sensores	Negro

Como se utilizaron dos (2) monitores a bordo distintos se debió recurrir a las configuraciones que brindan los fabricantes para la instalación del cableado de los sensores y el receptáculo.

Ahora bien si los camiones cisterna no poseen un monitor a bordo se debe seguir el diagrama de conexión que se muestra en la Figura 6.4 requiriendo las especificaciones de las conexiones como se indicó en la Tabla 3.3.



**Figura 6.4** Conexión de los sensores ópticos de cinco (5) líneas directamente al receptáculo para un sistema de 3 compartimientos. [8]

El cálculo del costo para la adaptación de los camiones cisterna al nuevo formato, se detalla en la Tabla 6.4 donde se muestra los costos para la etapa mecánica y en la Tabla 6.5 y Tabla 6.6 se detallan los costos de la etapa eléctrica, con monitor y sin monitor respectivamente.

**Tabla 6.4** Lista de materiales mecánicos y su costo, para un vehículo cisterna de 4 compartimientos.[15]

Item	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Precio Unitario (\$)¹	Subtotal (\$)
1	Adaptador API de carga y descarga 4".	UN²	4	388.36	1,553.44
2	Adaptador para recuperación de vapores 4".	UN	1	258.18	258.18
3	Válvula interna de emergencia.	UN	4	461.07	1,844.28
4	Entrada pasa hombre de 20" provista de anillo para soldar.	UN	4	399.00	1,596.00
5	Válvula de venteo secuencial.	UN	4	310.00	1,240.00
6	Panel de control neumático.	UN	1	746.34	746.34
7	Válvula de paro de emergencia.	UN	1	131.26	131.26
8	Válvula neumática de tres vías.	UN	5	87.87	439.35
9	Bloque lógico "O" neumático.	UN	5	15.82	79.10
10	Bloque lógico "O" neumático. Bloqueo de frenos.	UN	1	39.55	39.55
11	Bloque lógico "Y" neumático.	UN	2	15.82	31.64
12	Accesorios.³	--	--	--	1,765.31
13	Montaje mecánico.⁴	Global	1	3,500.00	3,500.00
<b>Total</b>					<b>13,224.45</b>

¹ Precio de lista dado por el fabricante

² UN indica unidad

³ Incluye empaques, tubería, terminales y conectores de tubería, tapa adaptadores, válvulas presión-vacío, filtro de aire, entre otras cosas indicado por el fabricante.

⁴ Costo calculado por fabricante.

**Tabla 6.5** Lista de materiales eléctricos y su costo, para un vehículo cisterna de 4 compartimientos con monitor a bordo. [15]

Ítem	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal (\$)
1	Receptáculo API color azul para sensores ópticos.	UN	1	195.77	195.77
2	Perno a tierra.	UN	1	54.67	54.67
3	Monitor a bordo de prevención de sobrellenado y detección de líquido retenido. <sup>5</sup>	UN	1	1,003.02	1,003.02
4	Sensor de sobrellenado tipo óptico de dos (2) hilos. <sup>6</sup>	UN	4	292.39	1,169.56
5	Sensor óptico de líquido retenido de dos (2) hilos.	UN	4	272.05	1,088.20
6	Terminador para sensores de sobrellenado. <sup>7</sup>	UN	2	102.98	205.96
7	Cable 7 hilos 20 AWG. <sup>8</sup>	m	60	7.41	444.66
8	Prensa estopa impermeable para cable.	UN	16	5.41	86.56
9	Interruptor de presión.	UN	1	50.85	50.85
10	Accesorios <sup>9</sup>	--	--	76.28	76.28
11	Montaje eléctrico. <sup>10</sup>	Global	1	1,400.00	1,400.00
<b>Total</b>					<b>5,775.53</b>

<sup>5</sup> Monitor a bordo marca Civacon modelo 3202.

<sup>6</sup> Tipo de sensores ópticos de sobrellenado que utiliza el monitor a bordo Civacon modelo 3202.

<sup>7</sup> Elemento utilizado debido a que no se utilizan todos los canales del monitor a bordo Civacon 3202

<sup>8</sup> Cantidad sugerida por el fabricante

<sup>9</sup> Incluye conjunto de porta fusibles y fusibles.

<sup>10</sup> Costo calculado por fabricante

**Tabla 6.6** Lista de materiales eléctricos y su costo, para un vehículo cisterna de 4 compartimientos sin monitor a bordo. [15]

Item	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal (\$)
1	Receptáculo API color azul para sensores ópticos.	UN	1	195.77	195.77
2	Perno a tierra.	UN	1	54.67	54.67
3	Sensores de sobrellenado tipo óptico de cinco (5) hilos 7" de largo.	UN	4	306.38	1,225.52
4	Interruptor de presión.	UN	1	50.85	50.85
5	Cable 5 hilos 20 AWG. <sup>11</sup>	m	45	5.08	228.60
6	Prensa estopa impermeable para cable.	UN	10	5.41	54.10
7	Montaje eléctrico. <sup>12</sup>	Global	1	400.00	400.00
<b>Total</b>					<b>2,209.51</b>

<sup>11</sup> Cantidad indicada por el fabricante.

<sup>12</sup> Costo calculado por fabricante.

## 6.2 Análisis

Los resultados mencionados en el apartado anterior quedaron indicados en el documento entregado a la institución, los cuales serán incluidos en la ingeniería básica que formará parte del proyecto Construcción de Tanques y Cargaderos en el Plantel de Ventas de Refinería.

El desarrollo de este diseño se apegó a los requisitos y alcances planteados por el Departamento de Planificación de Proyectos de RECOPE. “Conforme a las mejores prácticas internacionales, las islas de carga del Plantel Moín están equipadas con dispositivos de control y seguridad. Del mismo modo los cisternas deberán estar equipados con dispositivos de control y seguridad para que la operación y comunicación entre ambos sistemas sea segura y estandarizada...” tomado del documento EQUIPOS REQUERIDOS EN CISTERNAS PARA CARGA POR DEBAJO PRIMERA ETAPA. En este mismo documento se indica que se deben establecer “...los requerimientos mínimos necesarios para que los camiones cisternas lleven a cabo la carga por debajo.”

Inicialmente se requirió un análisis sobre la tecnología de comunicación y de sensores que se necesitaron. Por lo cual se eligió el sistema óptico sobre el termistor, ya que el primero ofrece más ventajas sobre el segundo, entre las cuales se encuentran:

- Se requieren menos líneas de conexión al receptáculo.
- El sistema óptico es de una tecnología más moderna.
- Se pueden utilizar hasta 15 sensores de sobrellenado únicamente.
- No requiere tiempo de precalentamiento como el sistema termistor.
- Respuesta de los sensores es casi inmediata ante la detección de líquido.
- Presenta la característica de verificar el funcionamiento de los sensores antes del proceso de carga y determinar cuál es el que está defectuoso.

Por las razones anteriores al optar por el sistema óptico se requirieron los sensores de tecnología óptica. Para la utilización con los monitores a bordo se utilizaron las sondas de la misma marca, al igual que el cableado requerido debido a que cada sistema utiliza un alambrado de dimensiones diferente, además que los fabricantes recomiendan que solo se utilicen elementos de la misma casa fabricante para garantizar el correcto funcionamiento y ante la necesidad de recurrir a garantías estas no sean anuladas por la mezcla de equipos.

Para la selección de los monitores a bordo se realizó una búsqueda de los sistemas que se encuentran en el mercado y que cumplían con los requerimientos necesarios para la seguridad y operación indicados en la norma API RP 1004 como los deseados por RECOPE. Además de observaciones realizadas en planteles con características similares a las deseadas, se llegó al escogimiento de los dos (2) equipos que se muestran en la Figura 6.2 y Figura 6.3. Con el planteamiento de los indicadores del anteproyecto se esperaba un mínimo de tres (3) equipos pero por condiciones de disponibilidad en el país y por falta de comunicación con otras marcas debido a que no respondieron los correos que se les enviaron se procedió con estos dispositivos únicamente. Estos monitores se eligieron asimismo porque brindaban algunas características que se utilizaron en el desarrollo del proyecto y que pueden utilizarse para mejoras futuras al sistema.

Una de las previstas con las cuales cuentan los dispositivos de monitorización escogidos y que se utilizaron en el proyecto fue que contaran con entradas auxiliares, con las cuales se pudieron implementar funciones extras al sistema como fue el enclavamiento de los frenos del vehículo, apertura de las válvulas internas de emergencia, accionamiento de los venteos y verificación de la colocación de las mangueras en los adaptadores del camión que funcionaron como permisivos para la carga del vehículo, para lo cual se utilizó un circuito lógico y un panel de control neumáticos como se observa en los diagramas de la Figura 5.9 y Figura 5.10 que son para un camión cisterna de 4 compartimientos, obteniendo las condiciones deseadas para el área mecánica como se indica en la sección 6.1 Resultados.



Según la selección de los monitores a bordo realizada por el propietario del camión cisterna se podrá utilizar sensores de dos (2) o cinco (5) cables dependiendo del modelo escogido. Para el monitor a bordo ROMII Monitor 3202 de Civacon únicamente se podrán instalar sondas de dos (2) líneas debido a que este modelo solo acepta ese tipo de sensores de sobrellenado. Si se elige el monitor a bordo Intellicheck2 de Scully este tiene la opción de operar ya sea sensores de cinco (5) o dos (2) cables.

Con la información obtenida en la Tabla 6.4 y Tabla 6.5, se aprecia que los costos para las modificaciones que requiere un camión cisterna para la adaptación al proceso de carga ventral son elevados y ascienden aproximadamente a \$18,999.98 para un vehículo de 4 depósitos utilizando un monitor a bordo.

Por la limitación que presentan los monitores a bordo debido a la cantidad de compartimientos que pueden monitorizar con respecto a la cantidad de tanques que poseen los vehículos en el país y el alto costo que implican las modificaciones para los transportistas y a solicitud de los mismos, se requirió una variante en el diseño que permitiera la funcionalidad para vehículos que posean 9 tanques que es la cantidad máxima según datos brindados por RECOPE y que permitiera ser más accesible económicamente.

Por lo anterior se optó por la no colocación de un monitor a bordo que con los datos de la Tabla 6.4 y Tabla 6.6 se generan costos por \$15,433.60 para las modificaciones requeridas, en las cuales es necesario los sensores de sobrellenado únicamente de cinco (5) líneas pero no se pueden recurrir a los sondas de producto retenido. Otra variante que se estableció para disminuir el precio fue la utilización del monitor pero sin la característica de detectar producto en el fondo que disminuía el gasto de la parte eléctrica a \$4,440.68 y da una inversión total de \$17,665.13.

Con respecto a la señal de permisivo neumático, esta deberá recorrer el circuito y finalmente llegar al panel de control para dar una indicación de que todos los permisivos requeridos han sido cumplidos y activará un interruptor de presión, el cual

deberá alambrarse al contacto auxiliar “AUX 1” del monitor abordo o se alambrará en serie con la señal de retorno de los sensores de sobrellenado (pin 10), según sea el caso, este contacto será el permisivo para las conexiones y alineamiento mecánico de la cisterna para la carga y funcionará como permisivo en la isla de carga.

Para el caso de que no se utilice monitor a bordo se conectar el interruptor en serie al cable de retorno de los sensores (pin 10) debido a que de esta manera se desactivan los dispositivos, dando como resultado que se genere una condición de sobrellenado, por ello de efectuarse esta situación al inicio de la carga se podrá discernir qué se debe a que el vehículo no cuenta con los permisos requeridos.

Como se ha podido discutir en esta sección de análisis, los siguientes son los principales alcances logrados en el desarrollo de este proyecto:

- Descripción de la lista de equipos e instrumentos que operan en el proceso de carga ventral de los camiones cisterna.
- Se indicó la colocación de los elementos que requiere el compartimiento del vehículo para garantizar la seguridad y el funcionamiento en el proceso.

## Capítulo 7. Conclusiones y recomendaciones

---

### 7.1 Conclusiones

- Para la utilización de monitores a bordo se pueden utilizar tanto sensores de sobrellenado ópticos de dos (2) como de cinco (5) cables según sea el monitor seleccionado.
- Si no se utiliza un monitor a bordo en el camión no se podrá contar con la opción de detectar producto en el fondo y los sensores para detectar el sobrellenado deberán ser de cinco (5) hilos únicamente.
- La misma etapa mecánica se puede utilizar para la generación de los permisivos tanto si se coloca un monitor a bordo o no en el camión cisterna.
- La cantidad máxima de compartimientos que pueden ser monitorizados con al menos uno de los dispositivos seleccionados son 8.
- La cantidad máxima de compartimientos que se pueden utilizar para la carga ventral sin la utilización de un monitor a bordo son 15.
- Con este proceso de carga se reduce la generación de corriente estática con lo cual se puede aumentar la velocidad de flujo y por ende disminuir el tiempo en el llenado de los tanques del vehículo.
- Se logró determinación los sistemas de monitorización que necesitan los camiones cisterna para la utilización del nuevo plantel de ventas de refinería.
- Se escogió el mejor sistema de detección y con ello la utilización de los sensores que presentan las mejores condiciones de funcionamiento.

## 7.2 Recomendaciones

- A fin de no hacer incurrir en gastos adicionales a los dueños de los vehículos se les recomienda que si primeramente optan por la no instalación de monitores a bordo adquieran los sensores de sobrellenado de la marca Scully de cinco (5) hilos debido a que el monitor de esa misma marca Intellicheck2 es compatible con sensores tanto de dos (2) como de cinco (5) líneas en contra parte al ROM II 3202 de Civacon que solo permite la utilización de sensores de dos (2) cables.
- Se recomienda a los transportistas que la cantidad máxima de compartimientos que posea el camión cisterna sea 8, para poder optar con la utilización de un monitor a bordo el cual les puede indicar antes de acercarse a los planteles de RECOPE si existe algún problema con el sistema y de esta forma evitar ser rechazados para el llenado en los planteles y adicionalmente poder contar con la funcionalidad de verificar líquidos en el fondo de los compartimientos.
- Ante las variantes presentes y lo que conlleva cada una: camiones cisterna sin monitor, con monitor pero sin sensores de verificación de producto en el fondo o con monitor y sensores de producto retenido. Se debe tomar en cuenta que RECOPE a futuro podrá determinar que solo será permitido los vehículos que posean monitor con verificación de producto en el fondo para aumentar la seguridad en el proceso por lo cual los dueños de los camiones deberán estar anuentes a esta disposición y tomar las medidas del caso si tienen alguna otra variante a excepción que los vehículos posean 9 o más compartimientos.

## Bibliografía

---

- [1] Refinadora Costarricense de Petróleo S.A. (2012, Agosto 20). Nuestra historia en breve. [En línea]. Disponible en: <http://www.recope.go.cr/acerca/historia/Nuestrahistoria.htm>
- [2] Refinadora Costarricense de Petróleo S.A. (2012, Agosto 20). Misión y visión. [En línea]. Disponible en: [http://www.recope.go.cr/acerca/vision\\_corporativa/misionvision.htm](http://www.recope.go.cr/acerca/vision_corporativa/misionvision.htm)
- [3] Refinadora Costarricense de Petróleo S.A. (2012, Agosto 20). Sistema Nacional de Combustibles (SINAC). [En línea]. Disponible en: [http://www.recope.go.cr/nuestra\\_actividad/sistema\\_petroleo/sist\\_nac\\_petro\\_actual.jpg](http://www.recope.go.cr/nuestra_actividad/sistema_petroleo/sist_nac_petro_actual.jpg)
- [4] Tico Times. (2012, Junio 06). Fuel truckers to strike tuesday. [En línea]. Disponible en: [http://www.ticotimes.net/Current-Edition/News-Briefs/Fuel-truckers-to-strike-Tuesday\\_Monday-May-14-2012](http://www.ticotimes.net/Current-Edition/News-Briefs/Fuel-truckers-to-strike-Tuesday_Monday-May-14-2012).
- [5] American Petroleum Institute. (2003). *API RP 1004 - Bottom Loading and Vapor Recovery for MC-306 & DOT-406 Tank Motor Vehicles*, 8th ed., Washington, D.C.
- [6] Scully. (2012, Agosto 10) 10430 on board monitor. [En línea]. Disponible en: <http://www.apsaviation.com/admin/pdf/10430on%20board%20monitor.pdf>
- [7] Littlejohninc. (2012, Agosto 14). OverfillSystems. [En línea]. Disponible en: <http://www.littlejohninc.com/pdfs/petroleum/OverfillSystems.pdf>
- [8] GARNET INSTRUMENTS LTD. (2012, Agosto 16). 609\_ & 610\_Operations\_Manual. [En línea]. Disponible en: [http://www.garnetinstruments.com/downloads/609\\_ & 610\\_Operations\\_Manual.pdf](http://www.garnetinstruments.com/downloads/609_ & 610_Operations_Manual.pdf)
- [9] Reinhart, G. (2009, Marzo) Scully Truck Info. Power Point.
- [10] Rivas, P. (2012, Setiembre 18). Riesgos producidos por la electricidad estática, en el manejo de inflamables. [En línea]. Disponible en: [http://www.prevencionintegral.com/Articulos/@Datos/\\_ORP2009/1285.pdf](http://www.prevencionintegral.com/Articulos/@Datos/_ORP2009/1285.pdf)
- [11] Méndez Bernal, B. (2012, Setiembre 18). NTP 374: Electricidad estática: carga y descarga de camiones cisterna (I). [En línea]. Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_374.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_374.pdf)
- [12] Cuerpo Bomberos Ayuntamiento de MADRID. (2012, Setiembre 18). Electricidad Estática: El trasvase de líquidos inflamable. [En línea]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/78501123/Electricidad-Estatica>
- [13] Vilca Miranda, A. (2012, Setiembre 18) Segunda Práctica Pre-Profesional. [En línea].

Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/52617128/23/Re%EF%AC%82exion-Interna-Total>

- [14] Civacon. (2012, Agosto 08). Rom Link Installation Manual. [En línea]. Disponible en: [http://www.google.co.cr/url?sa=t&rct=j&q=h52883pa\\_rom-link-installation-manual.pdf&source=web&cd=1&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.civacon.com%2FFile%2520Library%2FCivacon%2FTech%2520Support%2FIOMs%2FH52883PA\\_ROM-Link-Installation-Manual.pdf&ei=JSydUOK](http://www.google.co.cr/url?sa=t&rct=j&q=h52883pa_rom-link-installation-manual.pdf&source=web&cd=1&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.civacon.com%2FFile%2520Library%2FCivacon%2FTech%2520Support%2FIOMs%2FH52883PA_ROM-Link-Installation-Manual.pdf&ei=JSydUOK)
- [15] Rojas, V. "ANEXO D10003-CIST-PL-REV B1 ESPECIFICACIONES TECNICAS CISTERNA PARA CARGA VENTRAL DE PRODUCTO LIMPIO," SARET, 2006LN-900190-2, 2011.
- [16] Mora Casal, R. (2012, Setiembre 13). Información sobre sistema Intellitrol. Correo electrónico
- [17] Civacon. (2012, Agosto 08). ROM II Overfill Detection System Monitor. [En línea]. Disponible en: <http://www.google.co.cr/url?sa=t&rct=j&q=rom-ii-overfill-detection-system-monitor.pdf&source=web&cd=2&ved=0CCUQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.civacon.com%2FFile%2520Library%2FCivacon%2FTech%2520Support%2FData%2520Sheets%2FRom-II-Overfill-Detection-System-Monit>

## Apéndices

---

### A.1 Glosario, abreviaturas y simbología

**API (American Petroleum Institute):** Organización no lucrativa que entre otras actividades, establece la clasificación de estándares, así como las normas tanto de almacenamiento y de distribución de los diferentes derivados del petróleo en los Estados Unidos de América y que se aplican a nivel mundial.

**Bottom Loading:** Sistema de llenado de los camiones cisterna por la parte inferior.

**Camión cisterna:** Vehículo para transporte de hidrocarburos, entiéndase también como vehículo cisterna.

**Caudal:** Cantidad de un líquido o un gas que fluye en un determinado lugar por unidad de tiempo.

**Compartimiento:** Depósito metálico cerrado utilizado para almacenar hidrocarburos líquidos, entiéndase también como tanque.

**DOT (Department of Transportation):** Departamento norteamericano de transporte que fue fundado en 1966; es la principal agencia del gobierno federal con la responsabilidad de la elaboración y gestión de las políticas y programas para proteger y mejorar la seguridad, adecuación y eficiencia del sistema de transporte y los servicios.

**gal:** Galones.

**GLP:** Gas Licuado de Petróleo.

**gpm:** Galones por minuto.

**Hidrocarburos líquidos:** Sustancias orgánicas compuestas primordialmente de hidrógeno y carbono que son líquidos a condiciones normales de presión y temperatura.

**ISA (Instrument Society of America):** Fundada en 1945, es una organización mundial, no lucrativa que fija el estándar para procesos de automatización, ayudada por más de 30.000 miembros alrededor del mundo para solucionar problemas técnicos difíciles, mientras que realza las capacidades profesionales de sus miembros. ISA desarrolla estándares; certifica a profesionales de la industria; proporciona la educación y el entrenamiento; publica los libros y artículos técnicos.

**Isla de carga:** Sitio donde se cargan los productos derivados del petróleo en los camiones cisterna, entiéndase también como isla de llenado, cargadero o rack de carga.

**m<sup>3</sup>pm:** Metros cúbicos por minuto.

**Manhole:** Bocas de inspección o boca de llenado, en cada compartimento de un camión cisterna, entiéndase también como tapa de domo.

**MINAET:** Ministerio Nacional de Ambiente Energía y Telecomunicaciones.

**NEC (National Electrical Code):** El Código Eléctrico Nacional, como su nombre lo indica, es una guía nacionalmente aceptada para la instalación segura de cableado eléctrico y equipos. El comité de patrocinio de su desarrollo incluye todas las partes de interés que poseen competencia técnica en el campo, trabajando en conjunto con el único objetivo de proteger al público en la utilización de la electricidad.

**NFPA (National Fire Protection Association):** Es la fuente principal mundial para el desarrollo y diseminación de conocimiento sobre seguridad contra incendios y de vida. Con su sede en Quincy, Massachusetts, EE.UU., la NFPA es una organización internacional que desarrolla normas fundada en 1896 para proteger gente, su propiedad y el medio ambiente del fuego.

**P&ID (Process and Instrumentation Diagram):** Se utiliza para representar diagramas de tuberías e instrumentación. En estos diagramas se muestra la



siguiente información: equipos de la planta, tuberías que interconectan los equipos e instrumentación que controla el proceso.

**Precio de lista:** Es la cantidad que se cotiza en el catálogo de una empresa. El precio que se recomienda vender un producto antes de dar cualquier descuento.

**Producto limpio:** Se refiere a los productos derivados de petróleo caracterizado por ser de baja viscosidad, menor de cuatro Centistokes ( $100 \text{ centistokes} = \text{cm}^2/\text{s}$ ), entre los cuales se encuentran gasolinas, AV-gas, diesel, kerosene, jet fuel, naftas, biocombustibles, gas licuado de petróleo, propano, butano, etano, metano, gas natural y otros.

**RECOPE:** Refinería Costarricense de Petróleo.

**RP:** Recommended Practice.

**SSD:** Representa el tiempo en segundos para que un flujo de 60 centímetros cúbicos salga de un recipiente tubular por medio de un orificio, debidamente calibrado y dispuesto en el fondo del recipiente, el cual se ha mantenido a temperatura constante.

**TAS (Terminal Automation System):** El sistema de control tiene que hacerse cargo de la precisión, la eficacia y la seguridad del proceso.

**Top Loading:** Sistema de carga que se basa en el llenado de los compartimientos del vehículo por la parte superior.

**Válvula de control:** Dispositivo de campo que manipula directamente el flujo de uno o más corrientes de proceso. Consiste de una válvula conectada a un actuador (incluyendo todos los accesorios relacionados) la cual es capaz de cambiar la posición del elemento de cierre en la válvula en respuesta a una señal desde el sistema de control de proceso.

**Válvula PSC (Primary Shutoff Control):** Es una válvula que proporciona un medio positivo de seleccionar y cargar una cantidad predeterminada.

**Válvula SCC (Secondary Shutoff Control):** Válvula encargada de detener el flujo del producto.

**Ventral:** Pertenece o relativo al vientre.

**Zonas:** Las áreas peligrosas se clasifican en zonas según la frecuencia de aparición y la duración de una atmósfera gaseosa explosiva.

## A.2 Información de los equipos eléctricos utilizados.

### A.2.1 Sensores de sobrellenado

General	1	Servicio			Sensor de sobrellenado			
	2	Clasificación de Área			Clase I, Div. 1, Grupos C y D			
	3	Requerimientos			Norteamérica, ATEX e IECEx			
	4	Aprobaciones			API RP 1004			
	5	Montaje			Camión cisterna			
	6				---			
Condiciones del proceso	7	Fluido	Fase	Densidad del fluido	Productos limpios	Líquida	---	
	8	Temp. Máx	Promedio	Mín. Unidad	32.2	25 - 30	18.1	°C
	9	Hum. Relat. Máx	Promedio	Mín. Unidad	93	83	---	%
	10				---			
	11				---			
	12				---			
Sensor	13	Aplicación			Indicador de alto nivel de producto			
	14	Tecnología	Método detección		Óptica	Prisma		
	15	Núm. de cables			5	---	---	---
	16	Cumplimiento de Estándares			FM y CSA			
	17	Temp. Oper. Máx.	Min.	Unidades	71.1	-40		°C
	18	Temp. Almac. Máx.	Min.	Unidades	137.7	-56.6		°C
	19	Ubicac. Peligrosas			Clase I, Div. 1, Grupos C y D			
	20	Material del eje			Aluminio			
	21	Longitudes disponibles			175 mm (7"), 300 mm (12") o 455 mm (18")			
	22				---			
Prisma	23	Material			N/I			
	24	Ind. de Refracc. Máx	Min.		1.60	1.37		---
	25	Viscosidad Máx.		Unidades	1000			SSU
	26				---			
	27				---			
Caja alojamiento	28	Material			Aluminio	---	---	---
	29	Ajuste para el sensor	Tipo de ajuste	Ubicación	Si	Resorte compresión	Interna	
	30	Colocación	Conexión	Diámetro	Sobre manhole	NTP	50.8 mm (2")	
	31	Puertos de conexión	Diám. Conex.	Cantidad	Si	12.7 mm (1/2") NTP	2	
	32				---			
	33				---			
Accesorios	34	Tapa de sensor	Material	O-ring tapa	Material	Si	Glass Filled Nylon	Si Silicón
	35	O-ring de montaje	Material		Si	Vitón		
	36	Tuerca de montaje	Material		Si	Acero galvanizado		
	37				---			
	38				---			
	39				---			
Información	40	Fabricante			CIVACON			
	41	Modelo			5-Wire Optic Level Sensor			
	42				1110-007B	1110-0012B	1110-0018B	
	43				---			
Notas: N/I: no indicado								

<b>General</b>	1	Servicio			Sensor de sobrellenado			
	2	Clasificación de Área			Clase I, Div. 1, Grupos C y D			
	3	Requerimientos			Norteamérica, ATEX e IECEX			
	4	Aprobaciones			API RP 1004			
	5	Montaje			Camión cisterna			
	6				---			
<b>Condiciones del proceso</b>	7	Fluido	Fase	Densidad del fluido	Productos limpios	Líquida	---	
	8	Temp. Máx	Promedio	Mín. Unidad	32.2	25 - 30	18.1	°C
	9	Hum. Relat. Máx	Promedio	Mín. Unidad	93	83	---	%
	10				---			
	11				---			
	12				---			
<b>Sensor</b>	13	Aplicación			Indicador de alto nivel de producto			
	14	Tecnología	Método detección		Óptica	Prisma		
	15	Núm. de cables			2	---	---	---
	16	Cumplimiento de Estándares			FM y CSA			
	17	Temp. Oper. Máx.	Min.	Unidades	71.1	-40	°C	
	18	Temp. Almac. Máx.	Min.	Unidades	137.7	-56.6	°C	
	19	Ubicac. Peligrosas			Clase I, Div. 1, Grupos C y D			
	20	Material del eje			Aluminio			
	21	Longitudes disponibles			178 mm (7"), 305 mm (12") o 457 mm (18")			
	22				---			
<b>Prisma</b>	23	Material			Pyrex			
	24	Ind. de Refracc. Máx	Min.		1.60	1.37	---	
	25	Viscosidad Máx.		Unidades	1000		SSU	
	26				---			
	27				---			
<b>Caja alojamiento</b>	28	Material			Aluminio	---	---	---
	29	Ajuste para el sensor	Tipo de ajuste	Ubicación	Si	Resorte compresión	Interna	
	30	Colocación	Conexión	Diámetro	Sobre manhole	NTP	50.8 mm (2")	
	31	Puertos de conexión	Diám. Conex.	Cantidad	Si	12.7 mm (1/2") NTP	2	
	32				---			
	33				---			
<b>Accesorios</b>	34	Tapa de sensor	Material	O-ring tapa	Material	Si	Glass Filled Nylon	Si Silicón
	35	O-ring de montaje	Material		Si	Vitón		
	36	Tuerca de montaje	Material		Si	Acero inoxidable		
	37				---			
	38				---			
	39				---			
<b>Información</b>	40	Fabricante			CIVACON			
	41	Modelo			2-Wire Optic Level Sensor			
	42				1051-007B	---	---	
	43				---			
<b>Notas:</b>								

<b>General</b>	1	Servicio			Sensor de sobrellenado			
	2	Clasificación de Área			Clase I, Div. 1, Grupos C y D			
	3	Requerimientos			Norteamérica, ATEX e IECEx			
	4	Aprobaciones			API RP 1004			
	5	Montaje			Camión cisterna			
	6				---			
<b>Condiciones del proceso</b>	7	Fluido	Fase	Densidad del fluido	Productos limpios	Líquida	----	
	8	Temp. Máx.	Promedio	Min.	Unidad	32.2	25 - 30	18.1 °C
	9	Hum. Relat. Máx.	Promedio	Min.	Unidad	93	83	---- %
	10				---			
	11				---			
	12				---			
<b>Sensor</b>	13	Aplicación			Indicador de alto nivel de producto			
	14	Tecnología	Método detección		Óptica	Prisma		
	15	Núm. de cables	Longitud	Calibre	5	45 cm	2 mm <sup>2</sup> (18 AWG)	
	16	Cumplimiento de Estándares			ATEX, FM y CSA			
	17	Temp. Oper. Máx.	Min.	Unidades	60	-40	°C	
	18	Temp. Almac. Máx.	Min.	Unidades	N/I	N/I	---	
	19	Ubicac. Peligrosas			Clase I, Div. 1, Grupos C y D			
	20	Material del eje			Aluminio			
	21	Longitudes disponibles			178 mm (7"), 305 mm (12") o 375 mm (15")			
	22				---			
<b>Prisma</b>	23	Material			Borosilicate (Pyrex) glass			
	24	Ind. de Refracc. Máx.	Min.		N/I	N/I	N/I	
	25	Viscosidad Máx.		Unidades	N/I		N/I	
	26				---			
	27				---			
<b>Caja alojamiento</b>	28	Material			Aluminio			
	29	Ajuste para el sensor	Tipo de ajuste	Ubicación	Si	Tornillo fijación	Interna	
	30	Colocación	Conexión	Diámetro	Sobre manhole	NTP	50.8 mm (2")	
	31	Entradas de cable	Diám. Conex.	Cantidad	Si	12.7 mm (1/2") NTP	2	
	32				---			
	33				---			
<b>Accesorios</b>	34	Tapa de sensor	Material	O-ring tapa	Material	Si	N/I	Si N/I
	35	O-ring de montaje	Material		Si	Vitón		
	36	Tuerca de montaje	Material		Si	Acero galvanizado		
	37				---			
	38				---			
	39				---			
	40				---			
<b>Información</b>	41	Fabricante			Scully			
	42	Modelo			Five-Wire Optic Sensor			
	43				9208	9213	9216	
	44				---			
<b>Notas:</b> N/I: No Indicado								



<b>General</b>	1	Servicio			Sensor de sobrellenado				
	2	Clasificación de Área			Clase I, Div. 1, Grupos C y D				
	3	Requerimientos			Norteamérica, ATEX e IECEX				
	4	Aprobaciones			API RP 1004				
	5	Montaje			Camión cisterna				
	6				---				
<b>Condiciones del proceso</b>	7	Fluido	Fase	Densidad del fluido	Productos limpios	Líquida	---		
	8	Temp. Máx	Promedio	Min.	Unidad	32.2	25 - 30	18.1 °C	
	9	Hum. Relat. Máx	Promedio	Min.	Unidad	93	83	--- %	
	10				---				
	11				---				
	12				---				
<b>Sensor</b>	13	Aplicación			Indicador de alto nivel de producto				
	14	Tecnología	Método detección		Óptica	Prisma			
	15	Núm. de cables			2	---	---	---	
	16	Cumplimiento de Estándares			FM y CSA				
	17	Temp. Oper. Máx.	Min.	Unidades	60	-40	°C		
	18	Temp. Almac. Máx.	Min.	Unidades	N/I	N/I	N/I		
	19	Ubicac. Peligrosas			Clase I, Div. 1, Grupos C y D				
	20	Material del eje			Aluminio				
	21	Longitudes disponibles			178 mm (7"), 305 mm (12") o 375 mm (15")				
22				---					
<b>Prisma</b>	23	Material			Borosilicate (Pyrex) glass				
	24	Ind. de Refracc. Máx	Min.		N/I	N/I	---		
	25	Viscosidad Máx.		Unidades	N/I			---	
	26				---				
	27				---				
<b>Caja alojamiento</b>	28	Material			Aluminio	---	---	---	
	29	Ajuste para el sensor	Tipo de ajuste	Ubicación	Si	Tornillo fijación	Interna		
	30	Colocación	Conexión	Diámetro	Sobre manhole	NTP	50.8 mm (2")		
	31	Conexiones Tuberías	Diám. Conex.	Cantidad	Si	12.7 mm (1/2") NTP	2		
	32				---				
	33				---				
<b>Accesorios</b>	34	Tapa de sensor	Material	O-ring tapa	Material	Si	N/I	Si N/I	
	35	O-ring de montaje	Material			Si	Vitón		
	36	Tuerca de montaje	Material			Si	Acero galvanizado		
	37				---				
	38				---				
	39				---				
	40				---				
<b>Información</b>	41	Fabricante			Scully				
	42	Modelo			Two-Wire Optic Sensor				
	43				9408	9423	9416		
	44				---				
<b>Notas:</b> N/I: No Indicado									

## A.2.2 Sensores de producto en el fondo

<b>General</b>	1	Servicio			Sensor de retenido			
	2	Clasificación de Área			Clase I, Div. 1, Grupos C y D			
	3	Requerimientos			Norteamérica, ATEX e IECEx			
	4	Aprobaciones			API RP 1004			
	5	Montaje			Camión cisterna			
	6				---			
<b>Condiciones del proceso</b>	7	Fluido	Fase	Densidad del fluido	Productos limpios	Líquida	----	
	8	Temp. Máx	Promedio	Mín. Unidad	32.2	25 - 30	18.1	°C
	9	Hum. Relat. Máx	Promedio	Mín. Unidad	93	83	---	%
	10				---			
	11				---			
	12				---			
<b>Sensor</b>	13	Aplicación			Indicador de producto en el fondo			
	14	Tecnología	Método detección		Óptica	Prisma		
	15	Núm. de cables			2			
	16	Cumplimiento de Estándares			FM, CSA y UL			
	17	Temp. Oper. Máx.	Min.	Unidades	71.1	-40		°C
	18	Temp. Almac. Máx.	Min.	Unidades	137.7	-56.6		°C
	19	Ubicac. Peligrosas			Clase I, Div. 1, Grupos C y D			
	20	Material del eje			Aluminio			
	21	Detección aprox. de residuo			N/I			
	22				---			
<b>Prisma</b>	23	Material			---			
	24	Ind. de Refracc. Máx	Min.		1.60	1.37		
	25	Viscosidad Máx.		Unidades	1000		SSU	
	26				---			
	27				---			
<b>Caja alojamiento</b>	28	Material			Acero inoxidable			
	29	Ajuste para el sensor	Tipo de ajuste	Ubicación	No	---	---	
	30	Colocación	Conexión	Diámetro	Fondo del tanque	NTP	12.7 mm (1/2") NTP	
	31	Puertos de conexión	Diám. Conex.	Cantidad	Si	12.7 mm (1/2") NTP	2	
	32				---			
	33				---			
<b>Accesorios</b>	34	Tapa de sensor	Material	O-ring tapa	Material	N/A	---	N/A
	35	O-ring de montaje	Material			N/A	---	
	36	Tuerca de montaje	Material			Si	Acero inoxidable	
	37				---			
	38				---			
	39				---			
	40				---			
<b>Información</b>	41	Fabricante			CIVACON			
	42	Modelo			Retain sensor			
	43				1000R			
<b>Notas:</b> N/A = No Aplica N/I = No Indicado								

<b>General</b>	1	Servicio				Sensor de retenido			
	2	Clasificación de Área				Clase I, Div. 1, Grupos C y D			
	3	Requerimientos				Norteamérica, ATEX e IECEx			
	4	Aprobaciones				API RP 1004			
	5	Montaje				Camión cisterna			
	6					---			
<b>Condiciones del proceso</b>	7	Fluido	Fase	Densidad del fluido	Productos limpios	Líquida	---		
	8	Temp. Máx	Promedio	Min.	Unidad	32.2	25 - 30	18.1	°C
	9	Hum. Relat. Máx	Promedio	Min.	Unidad	93	83	---	%
	10					---			
	11					---			
	12					---			
<b>Sensor</b>	13	Aplicación				Indicador de producto en el fondo			
	14	Tecnología	Método detección			Óptica	Prisma		
	15	Núm. de cables				2			
	16	Cumplimiento de Estándares				N/I			
	17	Temp. Oper. Máx.	Min.	Unidades		N/I	N/I	---	
	18	Temp. Almac. Máx.	Min.	Unidades		N/I	N/I	---	
	19	Ubicac. Peligrosas				Clase I, Div. 1, Grupos C y D			
	20	Material del eje				Aluminio			
	21	Detección aprox. de residuo				9.53 a 12.7 mm (3/8" a 1/2")			
	22					---			
<b>Prisma</b>	23	Material				N/I			
	24	Ind. de Refracc. Máx	Min.			N/I	N/I	---	
	25	Viscosidad Máx.		Unidades		N/I		---	
	26					---			
	27					---			
<b>Caja alojamiento</b>	28	Material				Acero inoxidable			
	29	Ajuste para el sensor	Tipo de ajuste	Ubicación		No	---		---
	30	Colocación	Conexión	Diámetro		Fondo del tanque	NTP	12.7 mm (1/2") NTP	
	31	Puertos de conexión	Diám. Conex.	Cantidad		Si	12.7 mm (1/2") NTP	2	
	32					---			
	33					---			
<b>Accesorios</b>	34	Tapa de sensor	Material	O-ring tapa	Material	N/A	---	N/A	---
	35	O-ring de montaje	Material			N/A			
	36	Tuerca de montaje	Material			Si			
	37					---			
	38					---			
	39					---			
	40					---			
<b>Información</b>	41	Fabricante				Scully			
	42	Modelo				SP-IR Retained Product Sensor			
	43					61211	---	---	
<b>Notas:</b> N/A = No Aplica N/I = No Indicado									



### A.2.3 Monitores abordo

<b>General</b>	1	Servicio				Monitor a bordo				
	2	Clasificación de Área				Clase I, Div. 2, Grupos C y D				
	3	Requerimientos				Norteamérica, ATEX e IECEx				
	4	Aprobaciones				API RP 1004				
	5	Montaje				Camión cisterna				
	6					---				
<b>Condiciones del proceso</b>	7	Fluido	Fase	Densidad del fluido		Productos limpios	Líquida	---		
	8	Temp. Máx.	Promedio	Mín.	Unidad	32.2	25 - 30	18.1	°C	
	9	Hum. Relat. Máx.	Promedio	Mín.	Unidad	93	83	---	%	
	10					---				
	11					---				
	12					---				
<b>Monitor</b>	13	Aplicación				Monitorización de sensores y otras funciones				
	14	Alimentación				11 a 16 VDC			0.25 A máx	
	15	Tiempo de respuesta	Diagnóstico	Ent. Aux	Sal Aux.	0.5 s	Si	3	1	
	16	Cumplimiento de Estándares				FM, ATEX				
	17	Temp. Oper. Máx.	Min.	Unidades		60	N/I	°C		
	18	Temp. Almac. Máx.	Min.	Unidades		N/I	N/I	---		
	19	Capacitancia máx. cable		Inductancia		10.1 uF		4.7 mH		
	20	Conexiones conduit				12.7 mm (1/2") NTP	(7) conexiones			
	21	Switch Reset		Tiempo permitido		Si		40 min.		
	22	Canales sobrellenado	Retenido	Tecnología		6	6	Óptica		
	23	Tipo sensor sobrellenado		Retenido		2 hilos		2 hilos		
	24	Operación sobrellenado y retenido		Solo sobrellenado		Si		Si		
	25	Elemento terminador				Si, siempre que se utilicen menos compartimientos				
	26	Verificación de fallas				90 veces por segundo				
27	Luz confirmadora				Si					
28	Cuerpo a prueba de corrosiones				Si					
29	Ancho	Alto	Fondo	Peso	184.2 mm	127 mm	N/I	N/I		
30					---					
<b>Accesorios</b>	31	Tornillos	Puntos de contacto eléctrico		Acero Inoxidable	Lubricados				
	32				---	---	---			
	33				---	---	---			
	34				---	---	---			
<b>Información</b>	35	Fabricante				CIVACON				
	36	Modelo				ROM II Monitor				
	37					3202	---	---	---	
	38					---				
	39					---				
<b>Notas:</b>										
1. Entradas AUX son para dispositivos de conmutación simple sin inductancia y capacitancia.										
2. Salida AUX puede ser conectada a entrada AUX de un módulo secundario.										
3. Parámetros máx. para las Entr. AUX.: $V_t = 12.8\text{ V}$ , $I_t = 8\text{ mA}$ , $C_a = 8\mu\text{F}$ , $L_a = 1\text{H}$ , en donde $C_a \geq C_i + C_{\text{cable}}$ ; $C_i = 0\mu\text{F}$ $L_a \geq L_i + L_{\text{cable}}$ ; $L_i = 0\text{ mH}$ N/I = No Indicado										

<b>General</b>	1	Servicio			Monitor a bordo			
	2	Clasificación de Área			Clase I, Div. 2, Grupos C y D			
	3	Requerimientos			Norteamérica, ATEX e IECEx			
	4	Aprobaciones			API RP 1004			
	5	Montaje			Camión cisterna			
	6				---			
<b>Condiciones del proceso</b>	7	Fluido	Fase	Densidad del fluido	Productos limpios	Líquida	----	
	8	Temp. Máx	Promedio	Mín. Unidad	32.2	25 - 30	18.1	°C
	9	Hum. Relat. Máx	Promedio	Mín. Unidad	93	83	----	%
	10				----			
	11				----			
	12				----			
<b>Monitor</b>	13	Aplicación			Monitorización de sensores y otras funciones			
	14	Alimentación			11 a 28 VDC		0.5 A máx	
	15	Tiempo de respuesta	Diagnóstico	Ent. Aux   Sal Aux.	0.5 s	Si	1	1
	16	Cumplimiento de Estándares			FM, CSA y ATEX			
	17	Temp. Oper. Máx.	Min.	Unidades	60	-40	°C	
	18	Temp. Almac. Máx.	Min.	Unidades	85	-45	°C	
	19	Capacitancia máx. cable		Inductancia	----		----	
	20	Conexiones conduit			12.7 mm (1/2") NTP	(8) conexiones		
	21	Switch Reset		Tiempo permitido	Si		90 min.	
	22	Canales sobrellenado	Retenido	Tecnología	8	8	Óptica	
	23	Tipo sensor sobrellenado		Retenido	2 y 5 hilos		2 hilos	
	24	Operación sobrellenado y retenido		Solo sobrellenado	Si		Si	
	25	Elemento terminador			No, se programa la cantidad de compartimientos			
	26	Verificación de fallas			30 veces por segundo			
	27	Luz confirmadora			Si			
28	Cuerpo a prueba de corrosiones			Si				
29	Ancho	Alto	Fondo   Peso	234.9 mm	166.9 mm	64.3 mm	2.9 kg	
30				----				
<b>Accesorios</b>	31	Tornillos	Puntos de contacto eléctrico		N/I	N/I		
	32				----	----	----	
	33				----	----	----	
	34				----	----	----	
<b>Información</b>	35	Fabricante			Scully			
	36	Modelo			Intellicheck2			
	37				----	----	----	----
	38				----			
	39				----			
<b>Notas:</b> 1. La salida AUX puede ser utilizada para manejar una carga no intrínsecamente segura. N/I = No Indicado								

### **A.3 Información de la empresa**

En el año de 1931 se dicta en Costa Rica la Ley del Monopolio de la importación y expendio de gasolina. El responsable de realizar estas tareas fue el Banco de Seguros. Posteriormente en el año 1933 se autorizó a expendios privados vender gasolina a compradores particulares. En 1940 al derogarse la Ley del Monopolio, el Estado otorgó concesiones a cinco grandes compañías: a la West Indian Oil Company (llamada posteriormente ESSO Standar Oil), a la Texas Company Ltda. (denominada luego TEXACO Caribbean Inc), a la Union Oil Company of California (luego llamada GULF Costa Rica Company), a la Compañía Petrolera de COSTA RICA (llamada luego Chevron S.A.) y a CEI de Costa Rica S.A.

En 1961 gracias al aporte de un grupo privado se funda la Refinadora Costarricense de Petróleo Sociedad Anónima (RECOPE) e inicia gestiones para obtener los permisos del Ministerio de Industrias con el fin de construir una refinería al amparo de la Ley 2426 de Protección y Desarrollo Industrial. El 28 de junio de 1963 la Asamblea Legislativa aprobó el contrato de Protección y Desarrollo Industrial que le permitió a RECOPE constituirse en la primera industria nacional dedicada a la refinación y producción de combustibles derivados del petróleo.

Actualmente con la puesta en marcha de proyectos para incrementar la capacidad de almacenamiento y distribución de diversos productos, y en especial con la construcción y modernización del plantel de ventas de la refinería, muestra un esfuerzo por parte de la Empresa por brindar un mayor y mejor servicio a todo el país

## Anexos

---