

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería
Ambiental

**“Diagnóstico de los requerimientos para la carga ventral en los camiones cisterna de
producto limpio y modelación de las emisiones fugitivas generadas en el patio de carga
del plantel RECOPE El Alto”**

Hazel María Hernández Torres.


Cartago, abril, 2016

TEC | Tecnológico de Costa Rica
Ingeniería Ambiental

“Diagnóstico de los requerimientos para la carga ventral en los camiones cisterna de producto limpio y modelación de las emisiones fugitivas generadas en el patio de carga del plantel RECOPE El Alto”

Informe presentado a la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado de licenciatura

Miembros del tribunal



Master Laura Quesada Carvajal
Directora


M.Sc. Eric Romero Blanco
Lector 1


Lic. Moisés Torres Contreras
Lector 2


M.Sc. Diana Zambrano
Coordinadora COTRAFIG


PhD. Floria Roa Gutiérrez
Directora Escuela de Química


M.Sc. Ana Lorena Arias Zúñiga
Coordinadora Carrera de Ingeniería Ambiental

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, por los valores inculcados, por creer en mí, en mi trabajo y muy especialmente por su apoyo incondicional y su amor.

A mis abuelos que amé mucho y a mi abuelita Margarita Emilce que amo no hay nadie como ella...

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su infinita Misericordia y por enseñarme que Él siempre tiene algo mucho mejor de lo que yo sola puedo crear, sólo basta con saberlo escuchar.

A toda mi familia, especialmente a mis padres y hermanos por apoyarme siempre, por la paciencia y el amor incondicional.

A mi novio por su apoyo, compañía y sobre todo paciencia.

A mis amigos por todos los momentos vividos en el TEC y además por las palabras de aliento en ésta etapa final de la universidad. También a todos los que comparten conmigo las diferentes etapas hermosas de mi vida, cada uno brindándome una enseñanza diferente día a día.

A mi directora de tesis, Master Laura Quesada, por toda su ayuda, apoyo y guía brindados en este proyecto.

Al Ing. Macario Pino coordinador del proyecto de investigación.

A los lectores de éste documento gracias por sus comentarios tan valiosos.

Al personal de RECOPE y practicantes, los cuales me brindaron un espacio y con ello compartieron sus conocimientos, su tiempo y amistad.

A los representantes de las partes involucradas en el transporte y comercialización de hidrocarburos en el país, por su tiempo, su disponibilidad, toda la asesoría e interés brindados, Asociación de Transportistas del Sector Energético (ATRANSE), Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), Cámara de Empresarios de Combustible (CEC), Asociación de Distribuidores Peddlers de Costa Rica (ADPCR), Grupo Terra estaciones de servicio UNOPetrol.

A todos los transportistas que muy amablemente fueron accesible en brindar la información requerida para el proyecto.

Al personal del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y la Dirección General de Transporte y Comercialización de Combustibles (DGTCC) por la asesoría y colaboración brindadas.

Al departamento de Información del IMN y el meteorólogo Eladio Solano, así también al departamento de Registros Médicos de la Unidad de Salud de Cartago, muchas gracias por la documentación y ayuda.

Al Laboratorio Químico Lambda S.A., especialmente al señor Rafael Amón.

A la empresa mexicana Modelos Ambientales por su asesoría, especialmente al Lic. Anastasio Carranza.

A todos los que colaboraron de alguna u otra manera para hacer este trabajo posible y han estado pendientes del proceso en sus diferentes etapas.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	1
Abstract	2
1 Introducción	3
1.1 <i>Objetivos</i>	4
1.1.1 Objetivo general	4
1.1.2 Objetivos específicos	4
2 Marco teórico	5
2.1 <i>Compuestos Orgánicos Volátiles</i>	5
2.1.1 Efectos de los COV's	5
2.1.1.1 Efectos en la salud	6
2.1.1.2 Efectos Ambientales	6
2.2 <i>Legislación</i>	8
2.3 <i>Refinería Costarricense de Petróleo.</i>	9
2.4 <i>Carga de producto limpio</i>	10
2.4.1 Protocolos de carga de producto limpio en el Plantel El Alto, RECOPE.	13
2.5 <i>Camiones Cisterna</i>	13
2.5.1 Diagrama de los cisternas	14
2.6 <i>Modelación de las emisiones fugitivas de compuestos orgánicos volátiles</i>	15
2.6.1 Dispersión de contaminantes	16
2.6.2 Pluma de contaminantes	17
2.7 <i>Programa AERMOD.</i>	17
3 Metodología	19
3.1 <i>Lugar de estudio</i>	19
3.2 <i>Trabajo de campo.</i>	20
3.2.1 Evaluación de los camiones cisterna.	20
3.2.1.1 Elaboración del instrumento de evaluación	20
3.2.1.2 Validación del Instrumento de Evaluación de Camiones Cisterna.	20
3.2.1.3 Aplicación del Instrumento de Evaluación de los Camiones Cisterna	21
3.2.1.4 Tabulación y análisis de resultados del inventario.	22
3.3 <i>Datos requeridos para la determinación de las líneas de dispersión de los COVs.</i>	22
3.3.1 Datos meteorológicos	22
3.3.2 Georreferenciación	22

3.3.3	Determinación de la altura de los edificios y la de los camiones cisterna.	23
3.3.4	Muestreo de COVs en la carga de los camiones cisterna	23
3.3.5	Selección de los Camiones Cisterna	25
3.3.6	Cálculo de la concentración de COV's	25
3.3.7	Datos del terreno	26
3.4	<i>Registros de enfermedades respiratorias</i>	26
4	Resultados y discusión	27
4.1	<i>Instrumento de evaluación de camiones cisterna</i>	27
4.2	<i>Resultados de la aplicación del instrumento de evaluación de los camiones cisterna.</i>	28
4.2.1	Información general.	28
4.2.2	Componentes eléctricos	29
4.2.3	Requerimientos mecánicos.	33
4.2.4	Análisis de resultados de la evaluación.	40
4.3	<i>Muestreo de COVs generados en el proceso de carga de los camiones cisterna.</i>	43
4.4	<i>Simulación de la dispersión de COVs.</i>	46
4.4.1	Líneas de dispersión de los COV's	46
4.4.1.1	Gráficas de isoconcentración para el año 2014:	46
4.4.1.2	Gráficas de isoconcentración época seca, año 2014:	47
4.4.1.3	Gráficas de isoconcentración época lluviosa, año 2014:	48
4.4.2	Estudio de los reportes de las infecciones respiratorias agudas	49
5	Conclusiones y recomendaciones	52
5.1	<i>Conclusiones</i>	52
5.2	<i>Recomendaciones</i>	53
6	Referencias	54
7	Apéndices	57
8	Anexos	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Lista de los compuestos orgánicos volátiles cuya medición se recomienda en la Directiva 2002/3/CE relativa al Ozono en el aire ambiente 2002. Fuente: Directiva 2002/3/CE relativa al Ozono en el aire ambiente 2002.	9
Figura 2.2 Métodos de carga de camiones cisterna. Adaptado de US. EPA.1995a.Compilación de factores de emisión de contaminantes atmosféricos (AP-42), capítulo 5.2 Fuente: Cordero, 2013	12
Figura 2.3Islas de carga (racks) de producto limpio, correspondientes a los números del uno al cuatro de derecha a izquierda.....	13
Figura 2.4 Componentes eléctricos y mecánicos que debe poseer un camión cisterna y las islas de carga para el proceso de carga ventral y recuperación de vapores. Fuente: Animation Petroleum Process, OWP (2014).	15
Figura 3.1 Ubicación de la zona en estudio	19
Figura 3.2 Diagrama del método de la sonda para el muestreo de olores. Fuente: La olfatometría, control y solución a los problemas de olores, 2001.	23
Figura 3.3 Punto de muestreo de los COVs.....	24
Figura 3.4 Diagrama del ducto utilizado para conducir los vapores desplazados por el líquido en el momento de la carga.	24
Figura 4.1 Cumplimiento de los requerimientos eléctricos encontrados en los camiones cisternas evaluados.	30
Figura 4.2 Sistema de control de sobrellenado con sensores ópticos y Enchufe (socket) de conexión\ Receptáculos Izquierda completo vrs derecha incompleto	31
Figura 4.3 Estado de los requerimientos eléctricos observados en los camiones cisternas..	32
Figura 4.4 Estado de los requerimientos mecánicos analizados en los camiones cisternas evaluados.	34
Figura 4.5 Estados de la tubería para la recuperación de vapores encontrados en los camiones cisternas evaluados.	35
Figura 4.6 Diferentes tipo de dispositivos de venteos, tubing (tuberías conductoras de aire comprimido), accesorios, sensores ópticos y manhole encontrados.....	35
Figura 4.7 Válvulas neumáticas observadas en los camiones cisterna evaluados.....	36

Figura 4.8 Diferentes tipos de válvulas observadas en los camiones cisternas para la descarga del combustible limpio.	37
Figura 4.9 Válvulas de paro de emergencia observadas en la mayoría de los camiones cisterna evaluados.	39
Figura 4.10 Requerimientos mecánicos observados clasificados como completos e incompletos	40
Figura 4.11 Categorías de cumplimiento de los requerimientos para efectuar la carga ventral según el IECC.	42
Figura 4.12 Sección de patio de cargadores del plano general, plantel El Alto RECOPE. Adaptado de: RECOPE, Mayo 2009. El Alto, Planta general de conjunto. Ver plano completo en el Anexo 2	43
Figura 4.13 Equipo de muestreo y primer punto de toma de muestra.	44
Figura 4.14 Toma de muestra método de carga actual de combustible limpio utilizando el ducto conductor de los vapores de COV's generados.	44
Figura 4.15 Tapas o ductos utilizados en el muestreo de los COV's	45
Figura 4.16 Líneas de dispersión de COV's para el año 2014	47
Figura 4.17 Líneas de dispersión de COV's época seca, año 2014	48
Figura 4.18 Líneas de dispersión de COV's época lluviosa del año 2014	49
Figura 4.19 Líneas de dispersión de COV's época lluviosa sector oeste con respecto al plantel El Alto, año 2014.	50
Figura 4.20 Precipitación mensual y registro de IRAS en el año 2014. Fuente IMN (2015) y Unidad de Salud de Cartago (2015).	51

LISTA DE CUADROS

Cuadro 2.1 Efectos en la salud de los compuestos orgánicos volátiles.	6
Cuadro 2.2 Valores de referencia de calidad del aire, niveles máximos de inmisi3n.	8
Cuadro 2.3 Valores límite máximos establecidos para Ozono.	8
Cuadro 2.4 Valores límite para las emisiones de COV liberadas por equipos de recuperaci3n de vapores en los procesos de almacenamiento y distribuci3n de gasolina, con excepci3n de la carga de buques de alta mar.	9
Cuadro 3.1 Características de los camiones cisternas utilizados para el muestreo	25
Cuadro 4.1 Lista de los requerimientos eléctricos y requerimientos mecánicos presentes en el IECC.	28
Cuadro 4.2 Características de capacidades de las unidades observadas.	29
Cuadro 4.3 Requerimiento a cumplir para la carga ventral	40
Cuadro 4.4 Distribuci3n de los resultados de la evaluaci3n de camiones cisterna seg3n el IECC.	41
Cuadro 4.5 Requerimientos obligatorios presentes con mayor y menor nivel de cumplimiento en las cisternas evaluadas.	43

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ADPCR	Asociación de Distribuidores Peddlers de Costa Rica
API	Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute)
ARESEP	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos.
ATRANSE	Asociación de Transportistas del Sector Energético.
COV's	Compuestos Orgánicos Volátiles.
DGTCC	Dirección General de Transporte y Comercialización de Combustibles
EEA	Agencia Ambiental Europea (European Environmental Agency)
IECC	Instrumento de Evaluación de Camiones Cisterna.
IFAM	Instituto de Fomento y Asesoría Municipal.
IRAS	Infecciones Respiratorias Agudas
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
LPG	Gas Licuado de Petróleo
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía.
RECOPE	Refinadora Costarricense de Petróleo.
SAS	Departamento de Seguridad Ambiente y Salud
SEA	Sistema de Evaluación Ambiental de Chile
TTMA	Asociación de constructores de camiones cisterna (Truck Trailer Manufacturers Association).
USEPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US Environmental Protection Agency)

RESUMEN

En la actualidad los compuestos orgánicos volátiles (COV's) generados en la carga de los camiones cisterna en la Refinería Costarricense de Petróleo se liberan a la atmósfera sin un tratamiento previo provocando una preocupación por los efectos nocivos que ésta práctica conlleva. Para reducir la contaminación ambiental generada, se plantea modificar los cargaderos para realizar la carga por debajo y posteriormente instalar un sistema de recuperación de estos vapores. Los camiones cisterna son parte clave de este engranaje y deben poseer un equipamiento adecuado que les permita realizar la carga ventral y redirigir los vapores de hidrocarburos hacia el sistema de recuperación. Se realizó una evaluación del estado de los requerimientos que poseen actualmente las unidades con la ayuda de un instrumento de evaluación debidamente validado por los sectores interesados. Además de manera complementaria, se realizó una modelación con el programa AERMOD View utilizando los datos meteorológicos de la estación Ochomogo para determinar la forma como se dispersan estos contaminantes y si existen posibles impactos en las poblaciones aledañas. Se evaluaron un total de 113 unidades, de los cuales solamente el 6,19% son aptos para la carga ventral con recuperación de vapores, un 38,05% son aptos sujetos a modificaciones, mientras que un 55,75% se clasifican como no aptos, además se determina que la edad promedio de la flotilla es de 27 años. Por otra parte, las líneas de dispersión muestran que la zona de afectación por los vapores puede extenderse hasta la comunidad de Taras en época lluviosa y hacia el Barrio El Fierro en época seca, siendo la zona de mayor concentración los alrededores inmediatos al plantel. La comunidad El Alto de Ochomogo se encuentra entre las líneas de isoconcentración de 2500 a 5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo que se analizan las enfermedades respiratorias de ésta la población, las cuales se registran mayormente en la época lluviosa, no obstante, no se encuentra correlación entre los registros de la dispersión de COV's.

Palabras clave: *AERMOD View, RECOPE, Compuestos Orgánicos Volátiles COV's, Camión Cisterna, Carga Ventral, Recuperación de Vapores.*

ABSTRACT

Nowadays Volatile Organic Compounds (VOC's) generated in the load of tank trucks in the Refinería Costarricense de Petróleo (RECOPE) are released into the atmosphere without pretreatment causing concerns about the harmful effects that this practice entails. To reduce environmental pollution, it's propose to modify the loaders to perform the bottom loading and later install a recovery system of this vapors. The tank trucks are a key part of this gear and they must have an adequate equipment to allow them to perform the bottom loading and redirect the hydrocarbon vapors to the recovery system. There was an assessment in the status of the requirements the units actually have with the help of an evaluation instrument duly validated by the stakeholders. Furthermore complementarily, a modeling was performed with the program AERMOD View using meteorological data from the Ochomogo station to determine how these pollutants are dispersed and if there are potential impacts on surrounding populations. There was an evaluation of a total of 113 units, of which only 6.19% are suitable for bottom loading with vapor recovery, 38.05 % are suitable for modifications, while a 55.75 % are classified as unfit, also it is determined that the average age of the fleet is 27 years. On the other hand, dispersion lines show that the area affected by the dispersion of the vapors can be extended to the community of Taras in the rainy season and to "Barrio El Fierro" during dry season, being the area of greatest concentration nearby the campus. The community El Alto de Ochomogo is among the isoconcentration lines of 2500 to 5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, therefore respiratory diseases of this population are analyzed, which are recorded mostly during the rainy season, however, no correlation is found between records and the dispersion of VOC's.

Key words: *AERMOD View, RECOPE, Volatile Organic Compounds VOC's, Tank Trucks, Bottom Loading, Vapors Recovery.*

1 INTRODUCCIÓN

Los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) han sido estudiados debido a los efectos adversos que puede ocasionar a la salud y al medio ambiente, especialmente en la atmósfera, son considerados como gases de efecto indirecto o gases precursores del cambio climático (MINAET, 2009). Uno de los efectos de los COV's, como etano, propano, butano, pentano y hexano es su reacción con NOx formando ozono troposférico (Tamaddoni, Sotudeh-gharebagh, & Nario, 2013).

La industria petrolera es una de las principales fuentes de emisión de COV's, sus emisiones se encuentran en toda la cadena de valor del producto, desde su extracción hasta llegar finalmente a los automotores (Hewitt, 1999). Al ser Costa Rica importador de hidrocarburos, sus emisiones fugitivas se producen únicamente por transporte, almacenamiento y distribución (IMN, 2014). En el año 2013 se realizó un inventario de COV's para el plantel El Alto, el cual indica que el volumen de vapores generados en la carga de las gasolinas en los patios de venta es de 53,81 m³/h (L. Cordero, 2013), los cuales actualmente se están emitiendo a la atmósfera sin un tratamiento previo. Una forma de evitar éste tipo de emisión es realizando su recuperación por condensación criogénica (L. Cordero, 2013), para esto los camiones cisternas deben contar con una serie de componentes eléctricos y mecánicos que les permitan realizar la carga por debajo y desplazar los vapores para su posterior recuperación.

Es importante, estudiar la dispersión de los COV's procedentes de los cargaderos de RECOPE, El Alto, con el fin de conocer la distribución actual de su pluma para determinar, posibles impactos generados a las poblaciones aledañas. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, por sus siglas en inglés) ha recomendado una serie de modelos de dispersión de contaminantes, entre ellos Aermol (USEPA, 2010a).

Por lo anterior, ésta investigación tiene como finalidad, realizar una evaluación de las cisternas que carguen producto limpio en el plantel El Alto, por medio de la creación de un instrumento de evaluación, tomando como base los requerimientos solicitados por RECOPE a las cisternas para la carga de producto limpio en el plantel de Moín. Adicionalmente, se pretende realizar una modelación de las emisiones actuales de los COV's en el plantel, para conocer la dirección de su pluma, su distribución y los posibles impactos a la salud de los pobladores.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Realizar un diagnóstico de las condiciones actuales de la flota de cisternas que carga producto limpio en el plantel RECOPE, El Alto, complementado con la modelación del comportamiento de las emisiones fugitivas generadas y sus posibles impactos en la salud de la población inmediata.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos que debe cumplir las cisternas destinadas al transporte de combustibles.
- Evaluar las condiciones actuales de las cisternas ubicados en el plantel de RECOPE.
- Analizar los impactos potenciales sobre la salud de la población perteneciente a las zonas aledañas al Plantel de RECOPE El Alto, por medio de la modelación de las emisiones fugitivas.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES

Los compuestos orgánicos volátiles (COV's) son definidos como “el gran grupo de productos químicos orgánicos que incluyen cualquier compuesto de carbono que participan en reacciones fotoquímicas atmosféricas”, se excluyen de la definición, entre otros, metano, etano, diclorometano, tetracloruro de carbono, tricloroetileno, tetracloroetileno y muchos CFCs y HFCs (USEPA, 2005).

Según Maite de Blas (2009) en Europa se define también a los COV's como cualquier compuesto orgánico que tenga un punto de ebullición inicial menor o igual a 250 °C a una presión estándar de 101.3 kPa. Los COV's poseen una presión de vapor igual o superior a 0.01 kPa a 293.15 K (Blas, 2009), debido a esto se evaporan y liberan a la atmósfera con facilidad.

Según el autor C. Nicholas Hewitt (1999), el almacenamiento y la distribución de los combustibles fósiles son una de las fuentes principales de compuestos orgánicos volátiles, especialmente las gasolinas ya que se manejan grandes cantidades y por su alta volatilidad, mientras que la volatilidad del combustible diésel, fuel-oil ligero, y otros productos de petróleo, es mucho menor que el de la gasolina o incluso que el petróleo crudo.

Existen además de la industria petrolera gran variedad de fuentes emisoras de COV's incluyendo vehículos de motor, fábricas de productos de consumo, comerciales, productos químicos, así como fuentes naturales principalmente árboles (USEPA, 2005).

2.1.1 Efectos de los COV's

Según la USEPA, los COV's poseen importancia ambiental ya que el ozono troposférico (O₃) se produce a partir de reacciones químicas que implican COV's en el aire, óxidos de nitrógeno presentes en el aire y la luz solar, además, son de interés debido a que muchos de forma individual son conocidos por ser perjudiciales para la salud humana, el principal indicador es el benceno (USEPA, 2005).

2.1.1.1 Efectos en la salud

Los compuestos orgánicos volátiles más representativos por sus efectos en la salud son el benceno (C_6H_6), el tolueno ($C_6H_5CH_3$) y el xileno (C_8H_{10}), el cuadro 2.1 presentan las características y efectos a la salud más importantes de dichos compuestos.

Cuadro 2.1 Efectos en la salud de los compuestos orgánicos volátiles.

Compuesto	Características	Efectos
Benceno (C_6H_6)	Líquido volátil Incoloro Altamente inflamable Se disuelve fácilmente en agua. Se encuentra en el aire debido a las emisiones de petróleo, en estaciones de servicio y otros. Catalogado como cancerígeno.	Por inhalación: somnolencia, mareos, dolores de cabeza. En altos niveles de inhalación: pérdida del conocimiento. Exposición crónica a largo plazo: trastornos en la sangre como reducción de glóbulos rojos, anemia, mayor incidencia de leucemia (USEPA, 2013a)
Tolueno ($C_6H_5CH_3$)	Líquido Incoloro Inflamable Ligeramente soluble en agua Se añade a las gasolinas para mejorar su índice de octano. No es catalogado como cancerígeno.	Por inhalación crónica: Disfunción del sistema nervioso central, fatiga, somnolencia, dolores de cabeza y náuseas, irritación de las vías respiratorias superiores y los ojos, dolor de garganta, mareos y dolor de cabeza. (USEPA, 2013b)
Xileno (C_8H_{10})	Son liberados en las emisiones fugitivas industriales, escape de automóviles y volatilización en su uso como disolvente. No es catalogado como cancerígeno.	Exposición aguda: Irritación de ojos, nariz y garganta, efectos gastrointestinales. Exposición crónica: Disfunción del sistema nervioso central, dolor de cabeza, mareo, fatiga, temblores y falta de coordinación (USEPA, 2013c)

Fuente: USEPA (2013).

2.1.1.2 Efectos Ambientales

Las consecuencias ambientales de elevadas concentraciones de un gas en particular se determinan por factores tales como el tiempo atmosférico de residencia, reactividad, toxicidad, y el grado en el que interactúa con la radiación (Pyor, Crippa, & Sullivan, 2015).

Cuando los contaminantes atmosféricos son liberados están sujetos a procesos de transferencia físicas o eliminación hacia la superficie o hacia los océanos (por ejemplo, la inclusión en las gotas de las nubes y las precipitaciones), la deposición seca y por reacciones químicas. Por lo que cada gas que se emite a la atmósfera será alterado químicamente, ya sea por procesos fotoquímicos o por interacción con otra molécula de gas y/o una partícula de aerosol, además

dependiendo de sus propiedades y su estabilidad así será la tasa de eliminación del contaminante y su tiempo de residencia en la atmósfera (Pyor et al., 2015).

Existen productos de combustión incompleta de combustibles fósiles, que se mantienen en la atmósfera como el monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno los cuales pueden reaccionar con otras especies gaseosas (Ramanathan & Feng, 2009). Según la Agencia Ambiental Europea (EEA, por sus siglas en inglés) los óxidos de nitrógeno, son una familia de gases que también se conoce como NO_x que incluye las concentraciones de dióxidos de nitrógeno (NO₂) y monóxido de nitrógeno (NO) (EEA, 2014), ambos son producto de la combustión a alta temperatura de los combustibles fósiles (especialmente en el sector transporte) y también se liberan de forma natural a la atmósfera, las concentraciones elevadas de éstos compuestos son responsables junto con los COV's de la formación del ozono troposférico, así como la formación de aerosoles, eutrofización y lluvia ácida (Pyor et al., 2015).

El Ozono (O₃) estratosférico, es el protege de los rayos ultravioleta del sol y se encuentra a unos 15-30 km de altitud con respecto al suelo (Visscher, 2014). En contraste, el ozono troposférico que es un contaminante secundario, cuya formación se puede dar en la cercanía del suelo, por reacciones entre COV's, NO_x y radiación solar incidente ya que muchas de sus reacciones de formación son fotolíticas (Pyor et al., 2015). Ambientalmente, el ozono troposférico en la superficie puede sofocar el proceso de la fotosíntesis en la vegetación, plagas y otros problemas en condiciones climatológicas desfavorables, reduciendo el crecimiento y supervivencia de los cultivos agrícolas, los rendimientos forestales, etc. (USEPA, 2014).

El ozono está asociado a enfermedades cardiovasculares y respiratorias en los seres humanos, estudios en Estados Unidos revelan que el aumento de los niveles diarios de ozono se asoció con más de 3700 muertes anuales por este tipo de enfermedades, además la exposición a éste gas se ha vinculado con la mortalidad prematura y registros de morbilidad en admisiones hospitalarias y síntomas de asma (CEC, 2009).

Las concentraciones más elevadas de ozono troposférico no suelen darse en los centros de las ciudades, ya que la abundancia relativa de NO_x inhibe el proceso de su formación, por lo que puede transportarse a zonas suburbanas y rurales, a cientos de km de su origen, donde la concentración es mayor que en las ciudades (Blas, 2009).

2.2 LEGISLACIÓN

La constitución política de Costa Rica en el año 1949, establece en su artículo 50 el derecho que toda persona tiene a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, es obligación del Estado garantizar, defender y preservar ese derecho. Como una medida de ello, se ha puesto en vigencia desde el año 2005 el Reglamento sobre Inmisión de Contaminantes Atmosféricos el cual establece los valores máximos de inmisión de contaminantes (ver en el cuadro 2.2).

Cuadro 2.2 Valores de referencia de calidad del aire, niveles máximos de inmisión.

Contaminante	Valor de referencia	Método de cálculo
Hidrocarburos Totales expresados como metano (CH ₄)	160 µg /m ³	Promedio aritmético en 3 horas
Ozono (O ₃)	160 µg/m ³	Promedio aritmético en una hora

Fuente: Reglamento sobre inmisión de Contaminantes Atmosféricos (2005)

El límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el Ozono es de 100 µg/m³ en un máximo de exposición de 8 horas (EEA, 2014). En el cuadro 2.3, se presentan los valores máximos permisibles de las concentraciones de ozono, establecidos en la Directiva 2002/3/CE relativa al Ozono en el aire ambiente (2002).

Cuadro 2.3 Valores límite máximos establecidos para Ozono.

	Valor Máximo	Periodo promedio de acumulación
Protección de la salud humana	120 µg/m ³	8 horas

Fuente: Directiva 2002/3/CE de la Unión Europea (2002)

La Unión Europea en el documento 2003/507/CE, relativo a la adhesión de la Comunidad Europea al Protocolo del Convenio de 1979 sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia para luchar contra la acidificación, la eutrofización y el ozono troposférico (2003), muestra los límites máximos de emisión de los COV's liberados por el equipo de recuperación de vapores en los procesos de almacenamiento y distribución de gasolina (con excepción de la carga de buques de alta mar), ver cuadro 2.4.

Cuadro 2.4 Valores límite para las emisiones de COV liberadas por equipos de recuperación de vapores en los procesos de almacenamiento y distribución de gasolina, con excepción de la carga de buques de alta mar.

Capacidad, técnica, otras especificaciones	Valores Umbral	Valor límite
Equipo de recuperación de vapor que sirve a las instalaciones de almacenamiento y distribución situadas en los terminales o zonas de depósitos de las refinerías	5 000 m ³ de producción anual de gasolina	10 g de COV/Nm ³ (metano inclusive)

Fuente: Directiva 2003/507/CE de la Unión Europea (2003)

Nota: El vapor desplazado por la operación de llenado de los depósitos de gasolina se desplazará a otros depósitos o a equipos de reducción de emisiones que cumplan los valores límites señalados en el cuadro anterior.

En la directiva 2002/3/CE relativa al Ozono en el aire ambiente (2002), se encuentra la lista de la figura 2.1 en la que se presentan los COV's precursores del ozono que se recomienda realizar su medición, no obstante no se hace mención de los límites máximos permitidos a excepción del Benceno el cual en la directiva 2008/008/50/CE relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa, establece reducciones importantes de emisión por los riesgos en la salud humana que podría generar.

Etano	1-Buteno	Isopreno	Etilbenceno
Etileno	trans-2-Buteno	n-Hexano	m+p-Xileno
Acetileno	cis-2-Buteno	i-Hexano	o-Xileno
Propano	1.3-Butadieno	n-Heptano	1,2,4-Trimetilbenceno
Propeno	n-Pentano	n-Octano	1,2,3-Trimetilbenceno
n-Butano	i-Pentano	i-Octano	1,3,5-Trimetilbenceno
i-Butano	1-Penteno	Benceno	Formaldehído
	2-Penteno	Tolueno	Hidrocarburos totales no metánicos

Figura 2.1 Lista de los compuestos orgánicos volátiles cuya medición se recomienda en la Directiva 2002/3/CE relativa al Ozono en el aire ambiente 2002. Fuente: Directiva 2002/3/CE relativa al Ozono en el aire ambiente 2002.

2.3 REFINERÍA COSTARRICENSE DE PETRÓLEO.

La Refinería Costarricense de Petróleo (RECOPE), fue fundada en el año 1961, el 28 de junio de 1963, la Asamblea Legislativa aprueba el contrato de Protección y Desarrollo Industrial y RECOPE se establece como la primera industria nacional dedicada a la refinación y producción de combustibles derivados del petróleo, en 1975 por Decreto Ejecutivo, se decide la nacionalización de la distribución de combustibles, además, por ley, se le prohíbe a RECOPE operar expendios de combustible al detalle, por lo que las estaciones de servicio se trasladan a manos privadas (RECOPE, 2013).

El 13 de agosto de 1981, se publica la ley No. 6588, regula la actividad de RECOPE, definiéndose como objetivos “refinar, transportar, comercializar a granel el petróleo crudo y sus derivados, mantener y desarrollar las instalaciones necesarias para ello y ejecutar, en lo que corresponda y previa autorización de la Contraloría General de la República, los planes de desarrollo del Sector Energía conforme al Plan Nacional de Desarrollo”.

Producto de que la Refinería se encuentra fuera de servicio, actualmente la empresa importa, almacena y distribuye en su totalidad los hidrocarburos requeridos por el país, los cuales se clasifican en dos categorías: producto limpio (liviano) y producto negro (pesado).

2.4 CARGA DE PRODUCTO LIMPIO

Las emisiones de COV's por evaporación en transporte y comercialización de hidrocarburos, pueden clasificarse, por equipos de almacenamiento y el modo de transporte utilizado, en cuatro categorías (USEPA, 1995):

1. Los vagones cisterna, camiones cisterna y embarcaciones marinas: carga, descarga y tránsito.
2. Estaciones de Servicio: pérdidas por goteo de combustible a granel y las pérdidas en los tanques subterráneos por los respiraderos.
3. Depósitos de vehículos de motor: pérdidas por el reabastecimiento de combustible.
4. Los grandes tanques de almacenamiento: respiraderos, cambio en los niveles, y las pérdidas de almacenamiento permanente.

Las pérdidas por carga de producto limpio y productos líquidos del petróleo son las que representan un porcentaje mayor en la emisión de COV's, estas pérdidas se generan cuando en las cisternas “vacías” son desplazados los vapores a la atmósfera por el líquido que está siendo cargado en los tanques (USEPA, 1995). Según la USEPA, estas emisiones son un compuesto de los vapores formados en el tanque vacío por evaporación del producto residual de las cargas anteriores y los vapores generados en el tanque cuando el nuevo producto se está cargando. La cantidad de dichas pérdidas por evaporación de las operaciones de carga se encuentran en función de los siguientes parámetros (L. Cordero, 2013):

- Características físico químicas del producto cargado.

- Método de descarga del producto.
- Operaciones de transporte de los camiones cisterna vacíos a las terminales a granel.
- Método de carga del nuevo producto.

De acuerdo a la Oficina de Protección Ambiental de los Estados Unidos, existen tres métodos para llevar a cabo esta actividad de llenado de los camiones cisterna, según el método que se utilice para la carga así se puede determinar las emisiones de éste proceso (USEPA, 1995), en la figura 2.2 se pueden observar los siguientes métodos de carga:

- Método de carga por el tope: se hace descender parcialmente la manguera de llenado (o caña de llenado) para servir la gasolina dentro del tanque de carga. Durante esta operación se presenta turbulencia y contacto entre el vapor y el líquido lo que resulta en altos niveles de generación y pérdida de COV's. Si se presenta un llenado abrupto la turbulencia es suficientemente, algunas gotas de líquido de diámetro equivalente pequeño serán arrastradas en los vapores venteados.
- Método de manguera de llenado (sumergida): en este método la manguera de llenado se extiende casi hasta el fondo del tanque.
- Método de cargado por debajo o carga ventral (sumergida): en este método se une la manguera de llenado permanentemente al fondo del tanque durante la carga.

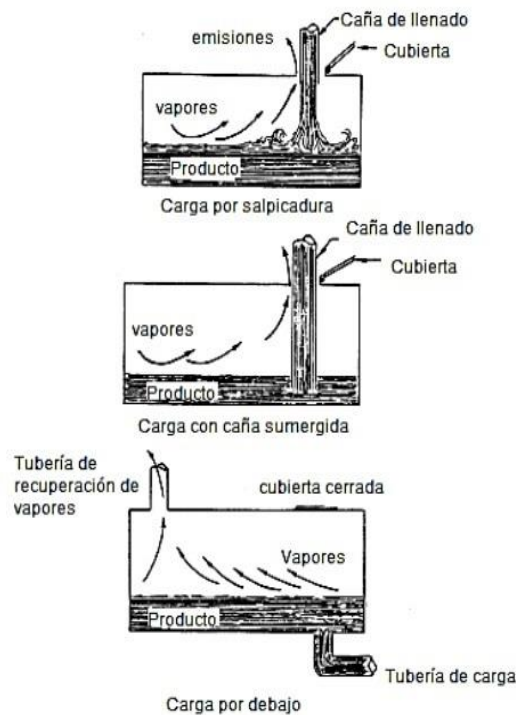


Figura 2.2 Métodos de carga de camiones cisterna. Adaptado de US. EPA.1995a.Compilación de factores de emisión de contaminantes atmosféricos (AP-42), capítulo 5.2 Fuente: Cordero, 2013

Durante la carga con caña sumergida y carga por debajo o ventral, la apertura de la manguera queda debajo del nivel de la superficie del líquido. La turbulencia del líquido se controla en gran medida durante la carga sumergida lo que resulta en la reducción de vapores generados. Si el camión cisterna cargado contiene líquidos no volátiles o simplemente se ha limpiado, podría contener aire libre de vapores. Si en éste se carga solo gasolina y no ha sido venteado, el aire contenido en el vehículo puede contener vapores orgánicos volátiles, que serán expulsados durante la operación de carga junto con los vapores generados recientemente. Una medida de control de los vapores desplazados durante la carga del líquido se llama unidad de recuperación de vapores, en el que el camión retorna los vapores desplazados durante la descarga de producto en plantas a granel o estaciones de servicio y transporta los vapores a la terminal de carga (USEPA, 1995).

En este contexto según el inventario de COV's realizado en el año 2013 en RECOPE, específicamente en el Plantel El Alto, se determinó que el mayor porcentaje de emisiones de compuestos orgánicos volátiles, se presentan en la zona de carga de los camiones cisterna para el trasiego de los combustibles (específicamente producto limpio) del plantel a las

estaciones de servicio, con respecto a las emisiones que se presentan en los tanque de almacenamiento de los combustibles (L. Cordero, 2013).

2.4.1 Protocolos de carga de producto limpio en el Plantel El Alto, RECOPE.

El plantel de RECOPE, El Alto, el tipo de carga a los camiones cisternas que se realiza, es el método de manguera de llenado (sumergida), en sus siete islas de carga o racks de carga, numerados del uno al siete, los cuales poseen tres brazos de carga de gasolina súper, Plus 91(regular) y diésel, cada uno, además existe un brazo de carga de Kerosene en el cargadero 6.4.4, actualmente ninguna de las islas de carga, por el mecanismo de carga posee recuperación ni tratamiento de COV's (Padilla, F. Entrevista personal, 25 de Marzo, 2015). Los protocolos que deben cumplirse se encuentran descritos en el Anexo 1.



Figura 2.3 Islas de carga (racks) de producto limpio, correspondientes a los números del uno al cuatro de derecha a izquierda.

2.5 CAMIONES CISTERNA

El Reglamento No 30131 del MINAE, Reglamento para la Regulación del Sistema de Almacenamiento y Comercialización de Hidrocarburos, se define un camión cisterna como: *“un contenedor usado para transportar hidrocarburos, sobre carretera. El contenedor puede estar, montado sobre el chasis de un vehículo de transporte en el cual el contenedor constituye un todo (autotanque) y comprende también los contenedores remolcados (sistema remolque)”*.

Según el modelo tarifario para determinar el costo del flete del transporte de las gasolinas utilizado por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP), el parámetro de velocidad del cisterna corresponde a 40-60 km/h, según la zona; zona básica los primeros 30 km, fuera de zona básica la distancia superior a los primeros 30 kilómetros, además se toma como capacidad promedio de un cisterna 27 259 litros y se toma como año modelo promedio de la flotilla de cisternas nacional el 2009 (ARESEP, 2014).

Según los registros de la Dirección General de Transporte y Comercialización de Combustibles (DGTCC) del MINAE a la fecha del primero de abril del 2015, se encuentran emitidos 1483 permisos de cisternas en total, los cuales incluyen a los cisternas autorizados para cargar producto limpio, producto negro (búnker, asfaltos, etc.), gas licuado de petróleo (LPG, por sus siglas en inglés) y cilindros de LPG, respectivamente con las características del cisterna según cada producto (DGTCC, 2015).

2.5.1 Diagrama de los cisternas

Según las especificaciones de diseño suministradas por la norma API-1004, Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute API, por sus siglas en inglés) y las normas de la Asociación de Constructores de Camiones Cisternas (Truck Trailer Manufacturers Association, TTMA, por sus siglas en inglés), en la figura 2.4 se muestra de manera general un diagrama de los componentes mecánicos y eléctricos que debe poseer el camión cisterna para la efectiva carga ventral y recuperación de vapores, así también se pueden apreciar los componentes requeridos en las islas de carga. Una descripción detallada de los componentes que requieren las unidades de transporte, se puede encontrar en el Apéndice 2 de éste trabajo.

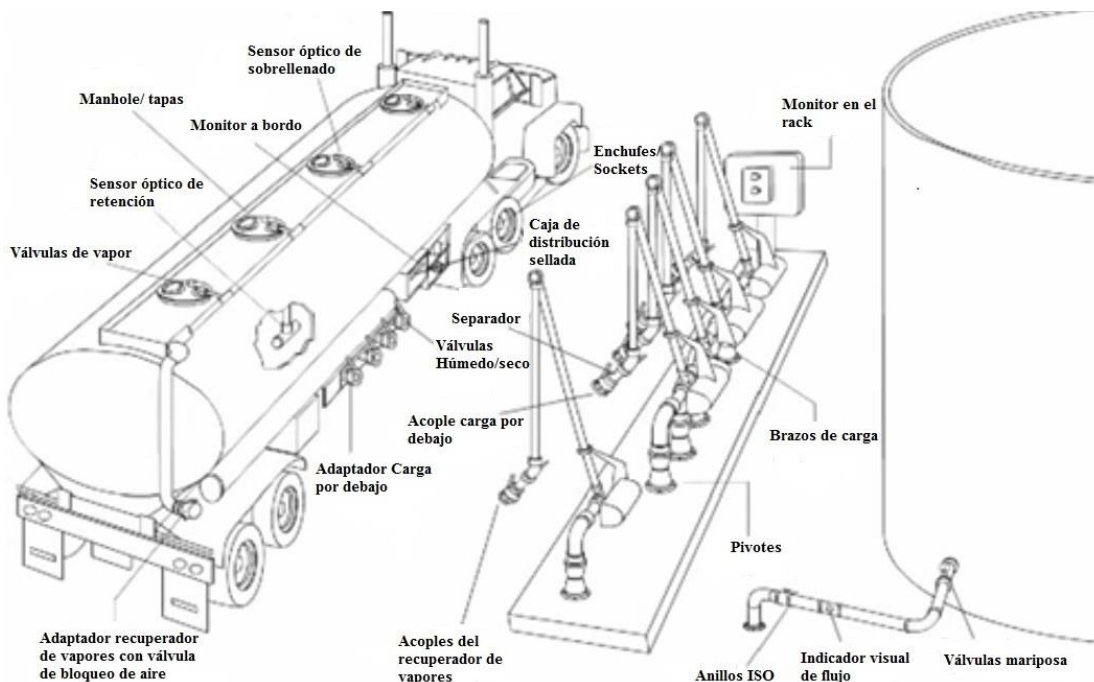


Figura 2.4 Componentes eléctricos y mecánicos que debe poseer un camión cisterna y las islas de carga para el proceso de carga ventral y recuperación de vapores. Fuente: Animation Petroleum Process, OWP (2014).

2.6 MODELACIÓN DE LAS EMISIONES FUGITIVAS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES

Los modelos de dispersión utilizan formulaciones matemáticas y numéricas para simular los procesos físicos y químicos, y la dispersión de un contaminante emitido por una fuente, sobre la base de las emisiones y los factores meteorológicos (USEPA, 2010a). Según la USEPA, entre las principales razones por las cuales se utilizan estos modelos se encuentran la predicción de las concentraciones de las emisiones según la dirección del viento y la ubicación de los receptores y la determinación del cumplimiento con las normas de calidad del aire ambiental, entre otros (USEPA, 2010b).

Un ejemplo de lo anterior es el Servicio de Evaluación Ambiental de Chile (SEA), el cual utiliza frecuentemente los modelos de calidad de aire, como herramienta para evaluar el impacto sobre el aire de contaminantes o precursores de contaminantes, así como los posibles efectos negativos sobre los recursos naturales y la salud humana.

Existen muchos modelos matemáticos de simulación de contaminantes, entre ellos los Gaussianos, los cuales describen la distribución tridimensional de una pluma bajo condiciones meteorológicas y de emisiones estacionarias (SEA, 2012).

Según el autor Alex De Visscher, el modelo de penacho de Gauss es válido sólo bajo ciertas condiciones, a saber:

- El penacho se inicia desde un punto matemático que se refiere como una fuente puntual.
- La fuente de contaminación es constante.
- Dirección del viento y velocidad del viento son constantes en el espacio y el tiempo.
- Turbulencia atmosférica es constante en el espacio y el tiempo.

Lo anterior implica que el modelo de penacho gaussiano sólo puede ser una aproximación, ya que ninguna de estas condiciones está siempre satisfecha. Un modelo de Gauss, podría ser válido si las condiciones anteriores son cumplidas y se vuelve menos exacto cuando las condiciones reales se desvían mucho de las suposiciones anteriores (Visscher, 2014).

El mismo autor indica que existen muchos factores que van a influir, que en todo programa de modelación deben tomarse en cuenta los cuales son: el clima (velocidad del viento, dirección del viento, temperatura, precipitación, luz solar), el terreno (edificios, agua superficial, relieve), fuente (altura y diámetro de la chimenea, la temperatura y velocidad del gas en la chimenea, concentración del contaminante), propiedades físicas y químicas del contaminante (reactividad, solubilidad).

2.6.1 Dispersión de contaminantes

La concentración de un contaminante va a depender del grado de dispersión, según el autor Alex De Visscher, la dispersión es la difusión de un compuesto en un fluido que resulta de los movimientos aleatorios del fluido y sus moléculas, en este caso la difusión de los COV's en el aire.

En los fluidos poco viscosos como el aire es común encontrar turbulencias, la cual se define como los movimientos irregulares de parcelas macroscópicas del aire, que inducen a la mezcla rápida de los contaminantes y otras propiedades. Desde el punto de vista de

contaminación atmosférica, es de primordial interés cuantificar la intensidad de la turbulencia y los factores que la controlan, ya que mientras más intensa sea la turbulencia, más rápida será la dispersión de los contaminantes (Visscher, 2014).

2.6.2 Pluma de contaminantes

Aquellas fugas o escapes, generalmente pequeños, producidos de forma continua, emitidos directa o indirectamente a la atmósfera, procedentes de equipos o componentes (válvulas, venteros, líneas, entre otros) de una instalación que opera con contaminantes orgánicos o inorgánicos volátiles, 300 horas o más al año en el proceso de producción, son consideradas emisiones fugitivas (V. Cordero & Hernández, 2011).

Cuando se efectúa una emisión en una chimenea, por lo general ésta se eleva y se estabiliza a cierta altura, el flujo se mueve de manera horizontal y vertical o la forma de la pluma puede fluctuar al azar. El abanico de la pluma de contaminantes y sus fluctuaciones pueden darse como resultado de la turbulencia en el flujo del viento, causada por el calor liberado en la atmósfera (turbulencia térmica) y por los obstáculos de la rugosidad de la superficie (turbulencia mecánica). Además la elevación de la pluma puede ser causada por el impulso de la pluma a medida que abandona el punto de emisión o por la flotabilidad como en el caso de gases calientes que son más ligeros que el aire ambiente (Visscher, 2014).

2.7 PROGRAMA AERMOD.

AERMOD es un sofisticado modelo de pluma Gaussiano, basado en una continua parametrización de la dispersión atmosférica, por esta razón en el 2005, la USEPA, decide sustituir al modelo ISC3 por AERMOD, superándolo en varios aspectos. AERMOD implementa la función de dispersión vertical-bigaussiana en la capa límite convectiva, lo que representa explícitamente para corrientes ascendentes y descendentes en tales atmósferas (Visscher, 2014). Esta parametrización de la superficie y de la capa de mezcla permite caracterizar la capa límite planetaria, ésta caracterización se realiza al construir perfiles verticales de las variables meteorológicas consideradas como representativas (Sibaja, 2014).

AERMOD consta de un modelo de dispersión real y una interfaz meteorológica que permite realizar el cálculo del perfil de la velocidad del viento, el perfil de temperatura potencial y el perfil de los parámetros de dispersión vertical y lateral (Visscher, 2014).

Entre las flexibilidades que posee este modelo de dispersión es que puede ser aplicable en zonas rurales y urbanas, en diferentes tipos de terrenos llano o irregular, las fuentes de emisión a modelar pueden ser de tipo puntual, de superficie, de área y de volumen, además, por el tipo de formulación del modelo ha sido diseñado para evitar cualquier tipo de discontinuidad, por lo que, pequeñas variaciones en los parámetros de entrada no puedan provocar grandes cambios en las concentraciones de salida calculadas con el modelo (Sibaja, 2014).

Los resultados que se obtienen por la utilización de éste modelo son diagramas de isoconcentración de contaminantes, ploteo, percentiles de concentración y valores de umbral. Entre los usos que se dan a estos resultados se encuentran permisos de operación, herramienta para diagnosticar el impacto de las operaciones industriales en la calidad del aire, reconocer la extensión de la pluma de algunos contaminantes ambientales y olores (Carranza, 2014).

3 METODOLOGÍA

3.1 LUGAR DE ESTUDIO

El Plantel El Alto, se ubica en la provincia de Cartago, distrito San Nicolás, en el Alto de Ochomogo, frente a la carretera Interamericana Sur (Meza & Redondo, 2008). De acuerdo con el Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM), 2010, la comunidad El Alto de Ochomogo, está compuesta por los siguientes caseríos: Angelina, Avance, Barrio Cristo Rey, Fierro (Parte Este), Finca Santa Inés, Gallinitas, Hacienda Quirazu, Kativo, Kerkua, Molina, Poroses. En la figura 3.1 realizada con el software ArcGis se muestra la ubicación del lugar de estudio. Al ubicarse en el sector del Valle Central Oriente se determina la época seca entre los meses de Enero a Abril, mientras que la época lluviosa comprende los meses de Mayo a Diciembre, siendo este último el mes más lluvioso del valle por la afluencia de la zona Caribe del país, así también presentando algunas lluvias en los meses de Enero y Febrero (IMN, 2015).

En la actualidad, el plantel almacena y vende producto limpio (diésel y gasolinas) y producto negro (asfalto), que abastece principalmente a la zona metropolitana y es el único plantel donde se cuenta con una planta de producción de emulsión asfáltica. Por la naturaleza de éste estudio se enfoca en el área de los cargaderos o islas de carga (racks) de producto limpio.

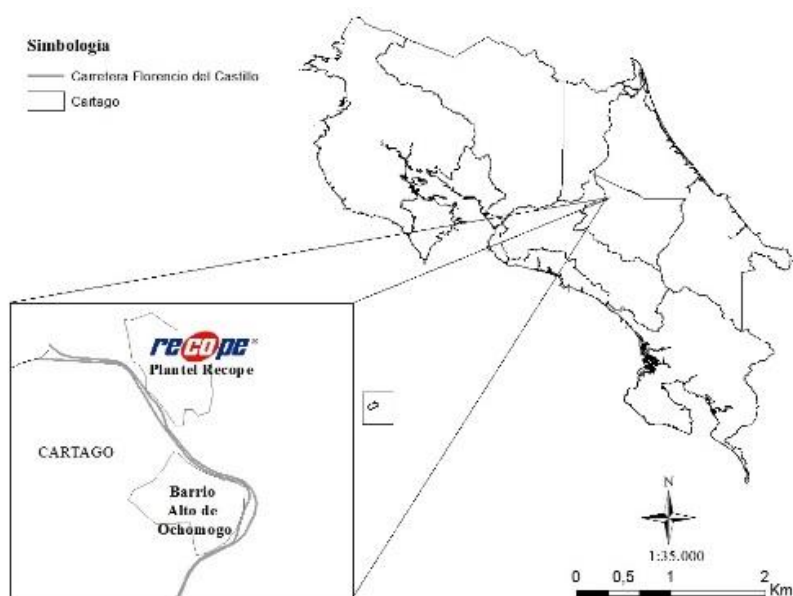


Figura 3.1 Ubicación de la zona en estudio

3.2 TRABAJO DE CAMPO.

3.2.1 Evaluación de los camiones cisterna.

Las siguientes secciones describen la metodología utilizada para desarrollar el primer objetivo de éste trabajo.

3.2.1.1 *Elaboración del instrumento de evaluación*

Para conocer la situación actual de las cisternas que cargan combustible limpio en el plantel, con respecto a la carga ventral, se realizó una revisión bibliográfica, para generar el llamado “Instrumento de Evaluación de Camiones Cisternas” (IECC).

Se realizaron visitas a otros planteles de RECOPE para observar el proceso de carga de las cisternas, para los diferentes productos, a saber: Jet fuel en el Plantel La Garita y Plantel Aeropuerto Juan Santamaría, y la carga ventral de producto limpio en el Plantel de Moín, Limón. En éste último plantel, se identificó un cisterna, el cual fue tomado como “cisterna modelo” debido a que cumple con las especificaciones y los permisos para la carga por debajo en los nuevos cargaderos de Moín.

Una vez elaborado el documento, este fue revisado por el Departamento de Formulación de Proyectos de RECOPE, el cual realizó observaciones y correcciones.

3.2.1.2 *Validación del Instrumento de Evaluación de Camiones Cisterna.*

Para realizar la validación del IECC, se presentó el documento en reuniones individuales con los diferentes representantes de los sectores involucrados del gremio de transporte de combustible limpio. Entre las organizaciones e instituciones visitadas se encuentran la Asociación de Transportistas del Sector Energético (ATRANSE), Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), Cámara de Empresarios de Combustible, Asociación de Distribuidores Peddlers de Costa Rica (ADPCR), Grupo Terra estaciones de servicio UNOPetrol. Una vez finalizadas estas reuniones se les otorgó a las organizaciones involucradas un plazo de un mes para que realizaran observaciones, comentarios y/o sugerencias.

Para tener un panorama más amplio, se realizó una visita al archivo del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), donde se observaron diferentes expedientes de cisternas los cuales tienen aprobado el permiso de operación, además se realizó una reunión, con representantes de la Dirección General de Transporte y Comercialización de Combustibles (DGTCC).

3.2.1.3 Aplicación del Instrumento de Evaluación de los Camiones Cisterna

Respondiendo al desarrollo del segundo objetivo del proyecto, correspondiente a la aplicación del IECC, se coordinó con el jefe del plantel, así como el inspector del Departamento de Salud, Ambiente y Seguridad (SAS), para lo cual se aprobó y firmó un cronograma de actividades a realizar en los cargaderos (racks de carga), sitio en el cual se realizó el estudio, además en conjunto se estableció que el lugar más apropiado para realizar la inspección era el momento de la carga de la gasolina en las cisternas, ya que dicho camión se encontraba detenido y el chofer permanecía ahí en todo momento, según lo establecen el protocolo DN-02-03-003 Instructivo de carga de producto limpio, además al encontrarse el cargadero (rack) a un nivel superior del cisterna, se facilitó la visualización de los requerimientos ubicados en la parte superior, eliminando la necesidad de escalar la cisterna.

La aplicación del IECC, se realizó durante el periodo del 5 de enero al 5 de febrero del 2015, a los camiones que llegaron a cargar producto limpio al plantel, en un horario de 7:15 a.m. a 2:45 p.m. de lunes a viernes. En éste periodo a nivel nacional se produjeron dos rebajas en el precio del combustible, los días 15 y 28 de enero, lo cual favoreció la llegada de cisternas al plantel.

La evaluación consistió en una inspección visual del listado de componentes que conforma el IECC, los cuales son requeridos para la carga ventral y la recuperación de vapores. En el momento en que la cisterna se encontraba cargando en el la isla de carga (rack) respectivo, se entrevistó a los choferes encargados para la obtención de la información general y las condiciones actuales en las que se encontraba la cisterna. Como segundo paso, se continuó con la inspección donde se observaron y chequearon los diferentes requerimientos, además se anotaron observaciones en los casos que fue necesario.

3.2.1.4 Tabulación y análisis de resultados del inventario.

Una vez finalizado el periodo de obtención de datos, se procedió a tabular y realizar su respectivo análisis, para ello se construyó una base de datos utilizando macros del programa Office Excel de Microsoft® versión 2013, donde se obtuvieron gráficos y tablas con los resultados de la evaluación de las cisternas.

3.3 DATOS REQUERIDOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS LÍNEAS DE DISPERSIÓN DE LOS COVS.

Para obtener los resultados del tercer objetivo de éste proyecto, se realizó el cálculo de las líneas de dispersión, utilizando el programa Aermol View versión 9, el cual es el modelo Gaussiano preferido cuando se presenta terreno complejo y para evaluar el impacto en la calidad del aire de una zona urbana, éste requiere de los siguientes insumos:

3.3.1 Datos meteorológicos

Se realizó la solicitud al Instituto Meteorológico Nacional (IMN) de los datos meteorológicos de precipitación, luz solar, radiación, humedad, temperaturas, velocidad, dirección del viento, de la estación meteorológica N°73129 RECOPE Ochomogo, así también se solicitaron los pronósticos de nubes por regiones para el año 2014.

3.3.2 Georreferenciación

Se georreferenciaron los puntos de muestreo, las islas de carga o cargaderos (racks de carga) y los edificios alrededor del patio de carga (oficinas, patio de válvulas, puesto de oficiales de seguridad), con un sistema de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés) marca GARMIN, modelo 60 CX.

3.3.3 Determinación de la altura de los edificios y la de los camiones cisterna.

Junto con el Departamento de Ingeniería de RECOPE, se obtuvieron las alturas máximas de los cargaderos (racks de carga), y edificios de los alrededores del patio de carga, se utilizó un distanciómetro de la marca LeicaDisto.

La altura de los camiones cisternas que se utilizaron para el muestreo se midió con una cinta métrica calibrada del Departamento de Investigación de RECOPE.

3.3.4 Muestreo de COV's en la carga de los camiones cisterna

Para determinar la concentración de los vapores de la gasolina no se utilizó el método TO-17 de la EPA para la toma de muestra, debido a que se desconocía la concentración máxima esperada de los vapores, dato que era necesario para determinar el tubo adsorbente adecuado a utilizar. Para solucionar el problema se recurrió al método descrito en la norma UNE-EN-13725-2004, que plantea el uso de una bolsa de tedlar para obtener una mezcla real de compuestos orgánicos volátiles generados por los hidrocarburos, en la figura 3.2 se muestra el diagrama del método empleado en el caso de fuentes puntuales, como conducciones cerradas o chimeneas (Valor, Martínez, Cortada, Muñoz, & Suárez, 2001).

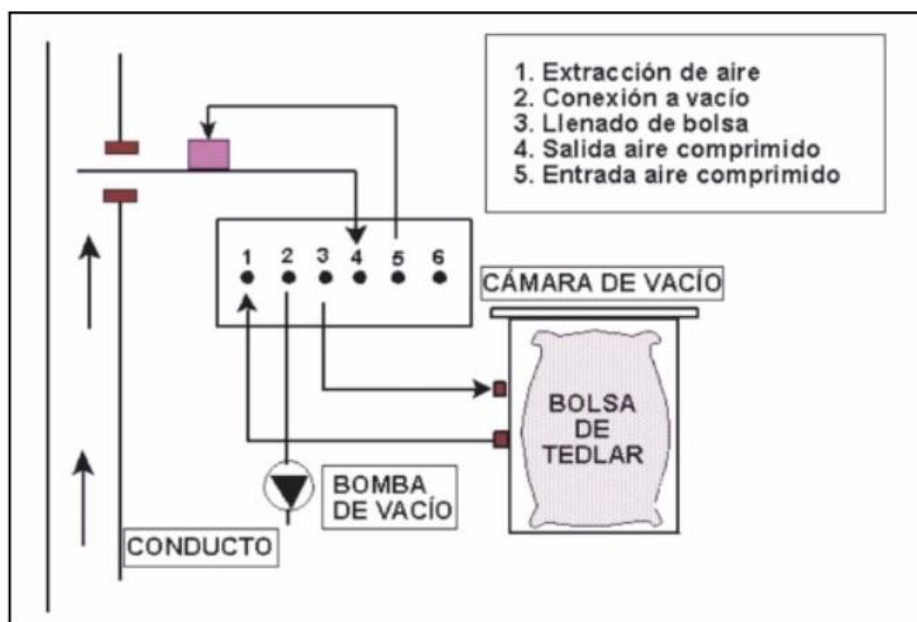


Figura 3.2 Diagrama del método de la sonda para el muestreo de olores. Fuente: La olfatometría, control y solución a los problemas de olores, 2001.

Como se explicó anteriormente en el marco teórico, en el momento de realizar la carga de los combustibles, se utiliza una caña que se introduce en la boca de acceso (manhole) de la cisterna y que constituye el punto de muestreo (ver figura 3.3). Debido a que los vapores desplazados por el líquido son liberados a la atmósfera, es necesario canalizarlos a través de un ducto y para ello se diseñó una tapa especial, mostrada en la figura 3.4.



Figura 3.3 Punto de muestreo de los COV's.

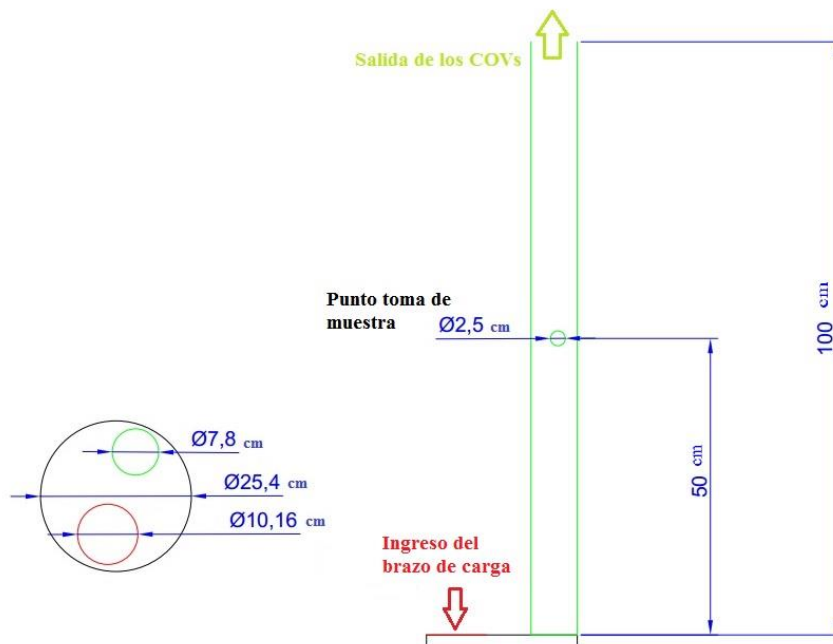


Figura 3.4 Diagrama del ducto utilizado para conducir los vapores desplazados por el líquido en el momento de la carga.

El periodo de toma de muestra se determinó teniendo en cuenta en tiempo de carga de los combustibles en cada uno de los compartimientos, se realizó en horas de la mañana previniendo poseer temperaturas constantes y altas, que favorezcan la volatilización de la gasolina.

Se succionaron los vapores utilizando el modelo mostrado en la figura 4.2 hasta completar el volumen de 5 litros de la bolsa de tedar. En total se obtuvieron cuatro muestras, las cuales fueron llevadas al laboratorio para análisis mediante cromatografía de gases con espectrometría de masas de cuadrupolo (GC-MS).

3.3.5 Selección de los Camiones Cisterna

De la evaluación realizada a los camiones cisterna, se concluyó que la mayoría de las unidades que cargan en el plantel son de cuatro compartimientos (ver cuadro 4.1), razón por la cual se seleccionaron unidades con las características descritas en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1 Características de los camiones cisternas utilizados para el muestreo

Características Cisterna #1	Características Cisterna #2
Funcionamiento el sistema de recuperación de vapores, canalizando los vapores de los cuatro compartimientos a un solo punto de salida, capacidad máxima de carga de 34090 litros.	Cuatro compartimientos, sin recuperación de vapores en funcionamiento, capacidad máxima de carga de 34050 litros.

3.3.6 Cálculo de la concentración de COV's

Una vez obtenidos los resultados de la cromatografía y los respectivos porcentajes de nitrógeno, oxígeno y COV's en la muestra, se calculó el % masa-masa, se sumaron todos los porcentajes y se dividieron por el valor de los COV's en la muestra, obteniendo así la concentración de la mezcla, utilizada como insumo para la modelación. El equipo utilizado para el análisis fue un cromatógrafo de gases marca Agilent, modelo 7890 y un espectrómetro de masas de triple cuadrupolo marca Agilent modelo 7000C.

3.3.7 Datos del terreno

Para suministrar los datos respectivos a las elevaciones del terreno del lugar en estudio que requiere el preprocesador AERMAP, se utilizan mapas digitales que son descargables de la página web <http://www.webgis.com>.

3.4 REGISTROS DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS

Se realizó la recopilación de información de las enfermedades respiratorias registradas en el Ebais de El Alto para el año 2014, en el departamento de registros médicos de la Unidad de Salud de la provincia de Cartago.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN DE CAMIONES CISTERNA

El instrumento de evaluación de camiones cisternas (IECC) consta de tres páginas, la primera recopila información general del camión cisterna, su objetivo es controlar los registros y evitar la repetición de alguna evaluación.

Los camiones cisternas poseen un código único con el cual es identificado en los registros de las organizaciones como el MINAE y RECOPE, y además debe estar rotulado en la cisterna. Para cada uno de los países de Centroamérica se establecieron según el Reglamento Técnico Centroamericano en el capítulo 6, disposiciones generales, dos letras que los identifica en el caso de Costa Rica el código inicia con CR-XXX, a modo de ejemplo, éste código fue el utilizado como la principal identificación del cisterna para evitar una doble inspección, además éste mismo reglamento establece que todos los cisternas deben poseer una placa con los datos generales, lugar del cual se obtiene alguna información como el año de fabricación, marca y modelo.

La segunda página del IECC, se refiere a la información de los requerimientos eléctricos y por último, la tercera página recopila los requerimientos mecánicos para la carga ventral de los camiones cisterna (ver Apéndice 1). Cada uno de los ítems a evaluar posee un espacio para observaciones las cuales se realizaron siempre y cuando existiera alguna anomalía o diferencia muy significativa de los requerimientos recomendados. El cuadro 4.1 presenta la lista de los requerimientos eléctricos y mecánicos presentes en el IECC.

Cuadro 4.1 Lista de los requerimientos eléctricos y requerimientos mecánicos presentes en el IECC.

Requerimiento del IECC	Nombre
2.1	Sistema de control de sobrellenado con sensores óptico
2.2	Perno a tierra
2.3	Enchufe (socket) de conexión, receptáculos
2.4	Cableado con protección a hidrocarburos respectivo
2.5	Cable de cobre estañado y trenzado calibre #20
2.6	Cinco líneas de cableado: negro, verde, amarillo, naranja y rojo
2.7	Monitor a bordo
2.8	Sensores ópticos de sobrellenado
2.9	Sensor óptico de retención
2.10	Siete líneas de cableado: negro, blanco, azul, verde, amarillo, naranja y rojo
3.1	Canoa o tubería
3.2	Dispositivos de venteo secuencial de vapores
3.3	Adaptador recuperador de vapores
3.4	Tapa para adaptador recuperador de vapores
3.5	Válvula de tres vías neumáticas tipo piloto
3.6	Válvulas API de carga por debajo
3.7	Tapa Adaptador API de Carga y Descarga
3.8	Sistema neumático de bloqueo de frenos
3.9	Válvula Interna de Emergencia
3.10	Entrada pasa-hombre (boca de acceso o manhole)
3.11	Control neumático
3.11.1	Panel de control neumático con válvula de 5 puertos y dos posiciones
3.11.2	Suministro de Aire
3.11.3	Tubing y accesorios
3.11.4	Válvula de paro emergencia neumática
3.11.5	Permisivos neumáticos.
3.12	Acoples de gravedad

4.2 RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN DE LOS CAMIONES CISTERNA.

4.2.1 Información general.

Se evaluaron en total 113 camiones cisterna diferentes que ingresaron al plantel, la selección de tamaño de la muestra se realizó de acuerdo a los datos suministrados por RECOPE, para el primer semestre del 2014, donde se muestra que ingresan aproximadamente 136 camiones cisterna diferentes por mes (RECOPE, 2014).

De la primera hoja del IECC, se obtuvo la información del cuadro 4.2, la cual hace referencia a información general, se muestra que la mayoría de las cisternas que ingresan al plantel poseen cuatro compartimientos, se registra la capacidad máxima promedio de líquido que son capaces de transportar. Además de la información general se obtiene que el año promedio de fabricación de la flotilla de cisternas evaluada es 1988, el mismo dato corresponde a la mediana de los años de fabricación, por otra parte la moda se encuentra en el año 1985, por lo que se estima que en promedio la antigüedad de los cisternas que en ingresan al Plantel El Alto es de 27 años, y que la mayoría de los camiones cisterna posee 30 años de antigüedad.

Cuadro 4.2 Características de capacidades de las unidades observadas.

Número de compartimientos	Cantidad de camiones cisterna	Capacidad máxima promedio del camión cisterna (L)
2	2	11470
3	12	18977
4	51	29839
5	43	32069
6	5	29710

4.2.2 Componentes eléctricos

Los componentes eléctricos que se requieren para la carga ventral, según lo establecido para los cargaderos del RECOPE, Limón, por el Grupo Corporativo SARET de Costa Rica, en el año 2012, son los siguientes.

- Sistema de control de sobrellenado con sensores ópticos
- Perno de Tierra
- Sensor óptico de sobrellenado
- Monitor a bordo
- Sensor óptico de retención.
- Cableado

El Apéndice 2 contiene una descripción en detalle de éstos componentes, así como su respectiva ilustración.

La segunda hoja del IECC hace referencia a los requerimientos eléctricos que debe contener un camión cisterna para la correcta carga ventral y recuperación de vapores. En el instrumento se realiza la evaluación por niveles de información, donde “no observado” se refiere al requerimiento que no se logró observar en la inspección, el nivel “observado” se refiere al requerimiento que sí se logró observar en el momento de la inspección, estos primeros resultados se presentan en la figura 4.1.

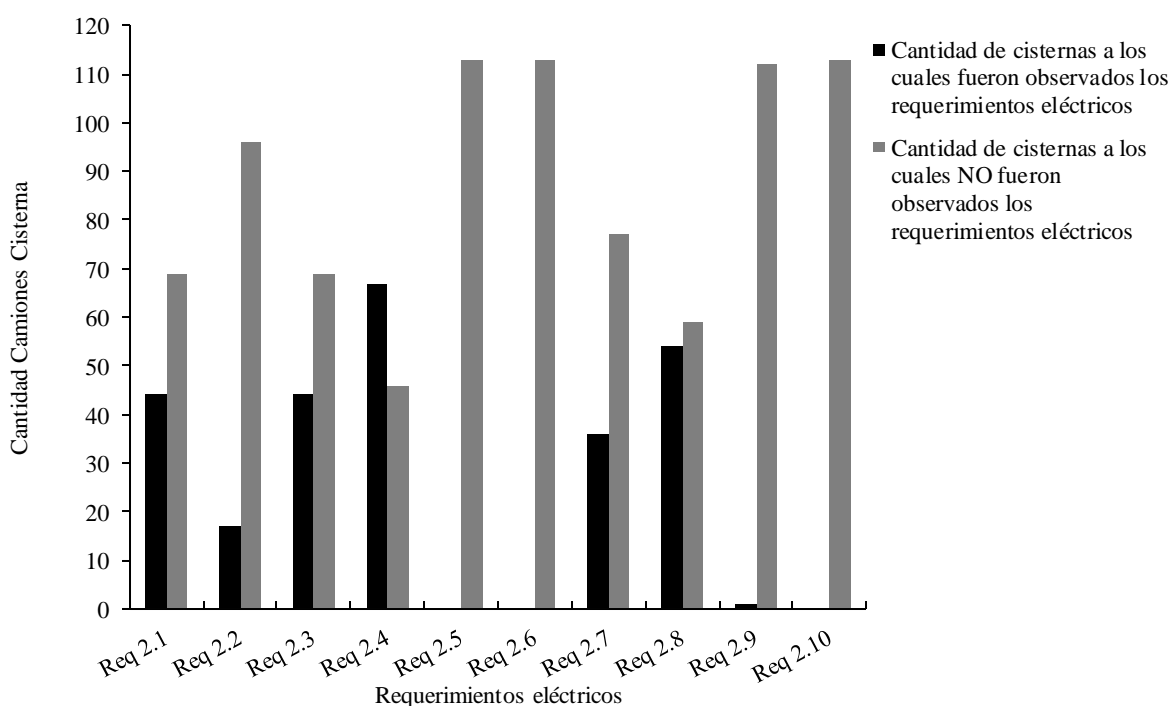


Figura 4.1 Cumplimiento de los requerimientos eléctricos encontrados en los camiones cisternas evaluados.

Cuando se realizó la inspección, un total de 67 cisternas poseía líneas de cableado visible, en 57 de ellos se observó la chaqueta de protección contra hidrocarburos recomendada completa por lo que no se logró realizar una exhausta verificación de todo el cableado, 10 de los camiones cisterna poseían una parte del cableado sin protección o dañado, aun así esto no permitía la verificación de los colores, por lo que los resultados con respecto al cableado (requerimientos 2.5, 2.6, 2.10) se han tomado como no observado en todos los casos, como se puede evidenciar en la figura 4.1.

Con respecto al requerimiento 2.9 sensor óptico de retención, éste se encuentra ubicado dentro del tanque, por lo que no se puede verificar su existencia, y se recurre a la entrevista al chofer respectivo, donde la mayoría coincidió en que la cisterna no posee ese tipo de sensor. De las 113 cisternas evaluadas solamente uno cumple con todos los requerimientos.

Respecto a los requerimiento eléctricos analizados de establecieron dos condiciones principales. El subnivel “completo” se refiere al requerimiento observado que no presenta alteraciones físicas en su estructura, y el subnivel “incompleto” hace referencia a los requerimientos que presentan alternaciones físicas en su estructura, por ejemplo quebraduras, falta de tapas protectoras, dobleces, herrumbre, falta de accesorios entre otros, en la figura 4.2. se muestra un ejemplo de lo anterior.



Figura 4.2 Sistema de control de sobrellenado con sensores ópticos y Enchufe (socket) de conexión\ Receptáculos Izquierda completo vs. derecha incompleto

En la figura 4.3, se realiza un desglose de los resultados de los requerimientos observados, subdivididos por el estado físico.

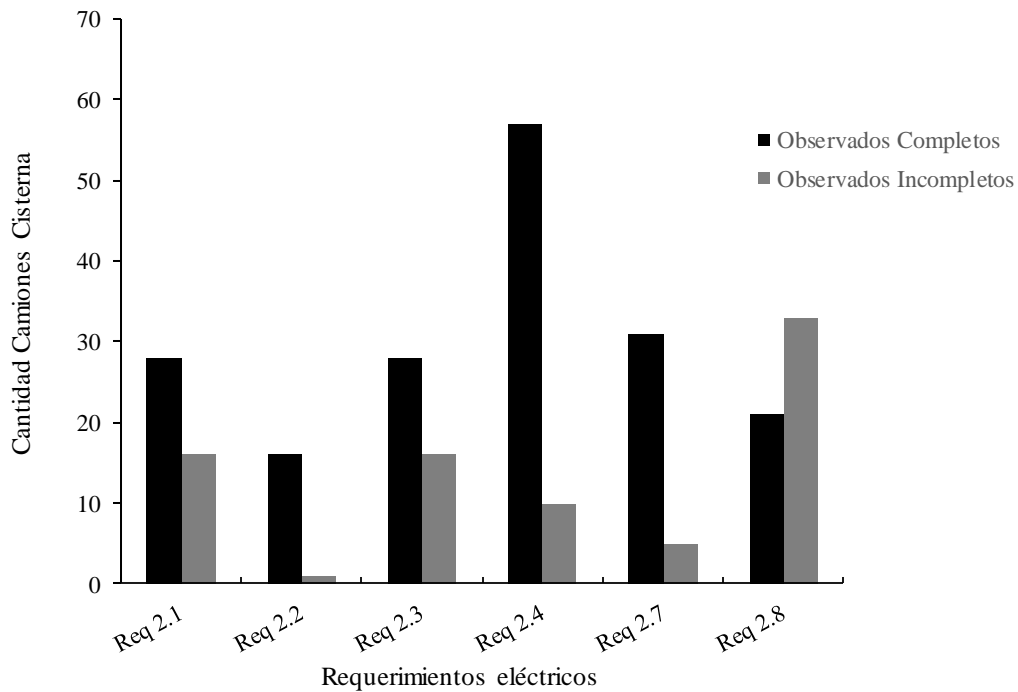


Figura 4.3 Estado de los requerimientos eléctricos observados en los camiones cisternas.

Según las características descritas en el apéndice 2 de éste documento, los requerimientos 2.1 Sistema de control de sobrellenado con sensores ópticos y 2.3 Enchufe (socket) de conexión\ Receptáculos, se encuentran en una misma pieza, como se puede observar en la figura 4.2, se obtienen los mismos resultados para ambos requerimientos, un total de 44 observados representando un 38,9%, de éstos 28 de manera completa (63,9%). Con respecto al requerimiento 2.2 Perno de tierra, fueron observados en 17 camiones cisterna representado un 15,0%, uno de los observados se encontraba incompleto esto debido a poseía un mal estado físico, se convierte éste requerimiento en el menos observado en la muestra de cisternas evaluados.

El requerimiento 2.4 cableado con chaqueta resistente a hidrocarburos se observa en 67 cisternas, representando un 59,3%, de manera completa en un total de 57 unidades (85,1%), los 10 restantes clasificados como incompletos fue debido a su evidente ausencia, dejando cables sueltos y desprotegidos a simple vista en algunas partes del cisterna, éste requerimiento es el más observado en las evaluaciones realizadas.

El requerimiento 2.7 monitor a bordo es uno de los requerimientos más importantes que deben poseer las cisternas, de los 36 observados representando un 31,9%, de los cuales 31 (86,1%) fueron caracterizados completo no poseían ninguna alteración física o eran muy modernos, no obstante su funcionamiento eléctrico como se ha explicado anteriormente no se logró verificar, los restantes 5 fueron clasificados con un estado incompleto, debido a que su cableado estaba desconectado, ausencia de bombillas indicadoras, otros se encontraban deteriorados. El requerimiento 2.8 sensores ópticos de sobrellenado se observó en total en 54 unidades representando un 47,8%, de los cuales 33 se clasifican como incompletos (61,1%) encontrándose con cableado desconectado, sensores sin protección externa y quebraduras.

4.2.3 Requerimientos mecánicos.

Los componentes mecánicos que se requieren para la carga ventral son los siguientes, según lo establecido para los cargaderos de RECOPE, Limón, por el Grupo Corporativo SARET de Costa Rica, en el año 2012, en el Apéndice 2 se presenta una descripción en detalle de éstos componentes, así como su respectiva ilustración.

- Tubería
- Adaptador API (American Petroleum Institute) de carga y descarga.
- Tapa para Adaptador API de Carga y Descarga
- Válvula interna de emergencia
- Entrada boca de acceso (manhole)
- Venteos secuenciales de vapores
- Adaptador recuperador de vapores.
- Tapa para adaptador recuperador de vapores
- Válvulas piloto de tres vías
- Control neumático: panel de control neumático, suministro de aire, tubing y accesorios, válvula paro de emergencia neumática, permisivos neumáticos.
- Acoples de gravedad.

La tercera hoja del IECC hace referencia a los requerimientos mecánicos, que debe contener un camión cisterna para la correcta carga ventral y recuperación de vapores. En el instrumento se realiza la evaluación por niveles de información, donde “no observado” se refiere al requerimiento que no se logró observar en la inspección, el nivel “observado” se refiere al requerimiento que sí se logró observar, los resultados se presentan en la figura 4.4.

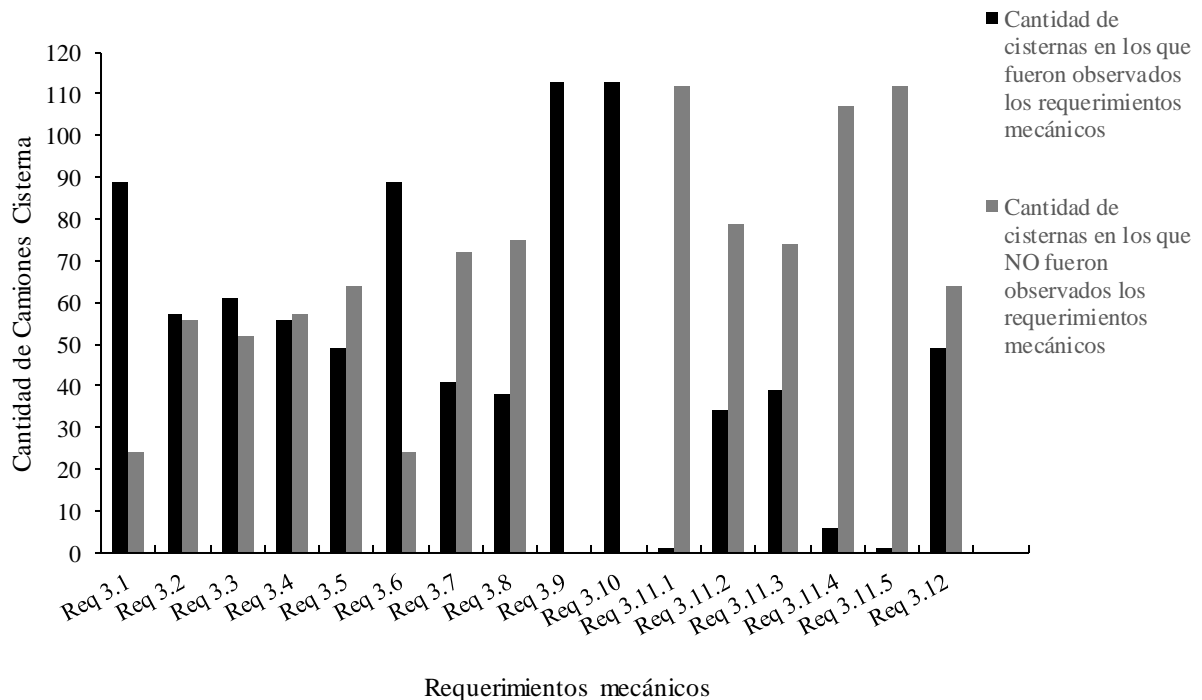


Figura 4.4 Estado de los requerimientos mecánicos analizados en los camiones cisternas evaluados.

El requerimiento 3.1 tubería, no se evaluó de la misma forma que en el reglamento técnico centroamericano (ver apéndice 2), sino únicamente en función de si existe o no la tubería que sirve para dirigir el flujo de vapores en el cisterna para su posterior recuperación. Esta tubería se muestra en la figura 4.5 a la izquierda y su ausencia a la derecha. Es importante señalar que la tubería de recuperación de vapores se encuentra presente en la mayoría de los camiones cisternas, ya que se observó en un total de 89 unidades, representando un 78,76%, de los cuales 83 se observaron completas (93,26%), las restantes se observan incompletas debido a quebraduras en la tubería, cortes, entre otros.



Figura 4.5 Estados de la tubería para la recuperación de vapores encontrados en los camiones cisternas evaluados.

El requerimiento 3.2 Dispositivos de venteo secuencial de vapores/ Válvulas de venteos, se observaron en 57 cisternas representando un 50,44%, en diferentes modelos a los recomendados, como se puede observar en la figura 4.6, 29 unidades se observaron completas (50,88%), mientras que en 28 cisternas incompletos pues estaban desconectados, quebrados y dañados, en las restantes 56 unidades no se observó éste requerimiento.



Figura 4.6 Diferentes tipo de dispositivos de venteos, tubing (tuberías conductoras de aire comprimido), accesorios, sensores ópticos y manhole encontrados

Los requerimientos 3.3 adaptador recuperador de vapores y el 3.4 tapa para adaptador recuperador de vapores, se evaluaron sin ningún problema debido a su ubicación. Se observaron un total de 61 adaptadores para la recuperación de vapores, representando un 53,98%, de los cuales solamente uno estaba incompleto, además se encontraron cisternas con más de un adaptador, ubicado tanto en la parte trasera de la cisterna como en la misma línea de las válvulas de descarga del combustible. Con respecto a las tapas del adaptador se observaron 56 representando un 49,56%, de las cuales 48 (85,71%) se encontraban completas y en buen estado.

Con respecto al requerimiento 3.5 Válvula de tres vías neumáticas tipo piloto, se encuentran válvulas diferentes a las recomendadas, como se ilustra en la figura 4.7. Se analizaron un total de 49 unidades representando un 43,36%, de las cuales 28 estaban completas (57,14%) y 21 incompletas por presentar daños en su estructura física. En 64 cisternas no se identifican válvulas de este tipo, representando un 56,54%.

Además, cabe destacar que algunas unidades poseen una configuración diferente pues adicional a la válvula encontrada en el recuperador de vapores se encuentran válvulas de neumáticas tipo piloto por cada válvula API.



Figura 4.7 Válvulas neumáticas observadas en los camiones cisterna evaluados.

Según el requerimiento 3.6, las válvulas API de carga por debajo, se encontraron en 89 de los 113 cisternas evaluados, representando un 78,76%, todas en un estado completo, lo que quiere decir que se encuentran en buenas condiciones físicas, son válvulas por lo general de 4" o 6" de diámetro. Los 24 cisternas (21,14%) restantes no cuentan con éste tipo de válvula, observándose en su lugar válvulas de 3" utilizadas para la descarga del combustible en las estaciones de servicio. Los diferentes tipos de válvulas encontradas se ilustran en la figura 4.8.

En los 89 cisternas que cuentan con válvulas API, únicamente 41 poseen el requerimiento 3.7 Tapa Adaptador API de carga y descarga, representando un 36,28%, 40 en estado completo (97,56%). Los 49 restantes (un 43,36%) en su lugar utilizaban los acoples de gravedad (requerimiento 3.12), en sustitución de la tapa, debido a que la descarga en las estaciones de servicio se realiza con válvulas de 3" de diámetro. Es importante señalar que los cisternas que poseen las válvulas API deben utilizar los acoples de gravedad en la mayoría de los casos para la descarga, en la figura 4.8 se ilustra los diferentes casos encontrados.



Figura 4.8 Diferentes tipos de válvulas observadas en los camiones cisternas para la descarga del combustible limpio.

El requerimiento 3.8 Sistema neumático de bloqueo de frenos se observa en 38 unidades, representando un 33,63%, además para conocer si se encontraba en estado completo o incompleto se realizó una pequeña prueba en la válvula de tres vías tipo piloto, la cual se acciona para conocer si se realiza efectivamente el bloqueo neumático de frenos, encontrando con esto que solamente 31 de las unidades era entrampada correctamente (un 81,58%), caso contrario las restantes 7 unidades. En las 75 unidades restantes representando un 66,37%, no se logró realizar la prueba debido a la ausencia o el mal estado de las válvulas bloqueo de freno.

El requerimiento 3.9 Válvula Interna de Emergencia, se encuentra regulada en el Reglamento Técnico de Transporte Terrestre de Hidrocarburos Líquidos (excepto LPG), al igual que el

requerimiento 3.10 Entrada boca de acceso (manhole), por este motivo ambos se encuentran en todas las cisternas. Como ejemplo en la figura 4.6, se muestran algunos manholes en diferentes formas y modelos.

El requerimiento 3.11.1, panel de control neumático fue observado solamente en uno de las cisternas que ingresaron al plantel.

Se comprueba la existencia de suministro de aire comprimido requerimiento 3.11.2 en conjunto con el requerimiento 3.11.3 tubing y accesorios, ya que éstos van a guiar el aire comprimido hacia las válvulas recuperadoras de vapor. De la muestra analizada, se determina que 34 unidades (un 30,09%) cumplen con el suministro de aire comprimido, sin embargo, es importante señalar que el cisterna posee un bloqueo neumático de frenos desde el cabezal y que en muchos de las cisternas el aire comprimido no llega hasta la boca de acceso (manhole), por falta de los ductos y accesorios (Bejarano, E. Entrevista personal, 6 de Febrero, 2015). Se registran 39 unidades (34,51%) que poseen tubing y accesorios, de los cuales 10 están incompletos.

El requerimiento 3.11.4 válvulas de paro de emergencia neumática, fue registrado completo solamente en 6 cisternas, representando un 5,31%, debido a que la mayoría de las unidades poseen una válvula de paro de emergencia mecánica, como se observa en la figura 4.9.

El requerimiento 3.11.5 permisivos neumáticos no fue evaluado ya que los cargaderos del combustible, no cumplen con los requerimientos para comprobar si los dispositivos están correctos o no.



Figura 4.9 Válvulas de paro de emergencia observadas en la mayoría de los camiones cisterna evaluados.

En la figura 4.10, se muestra el resumen de los requerimientos observados clasificados como completos o incompletos. Se grafican los requerimientos que no están regulados por la normativa y tienen una representación porcentual mayor. Los resultados mostrados evidencian que la flota que ingresa a cargar combustible limpio en el plantel El Alto, posee las condiciones mecánicas para carga ventral, por ejemplo en el caso de las válvulas API, la tubería de recuperación de vapores y el adaptador recuperador de vapores. Los requerimientos que no se han observado, podrían estar ausentes por diferentes causas por ejemplo, los cambios realizados a las cisternas en el momento de la entrada en vigencia del Reglamento Técnico Centroamericano de Transporte Terrestre de Hidrocarburos Líquidos (excepto LPG), la antigüedad de la cisterna y país de origen de fabricación (Quirós, R. Entrevista personal, 21 de noviembre, 2014).

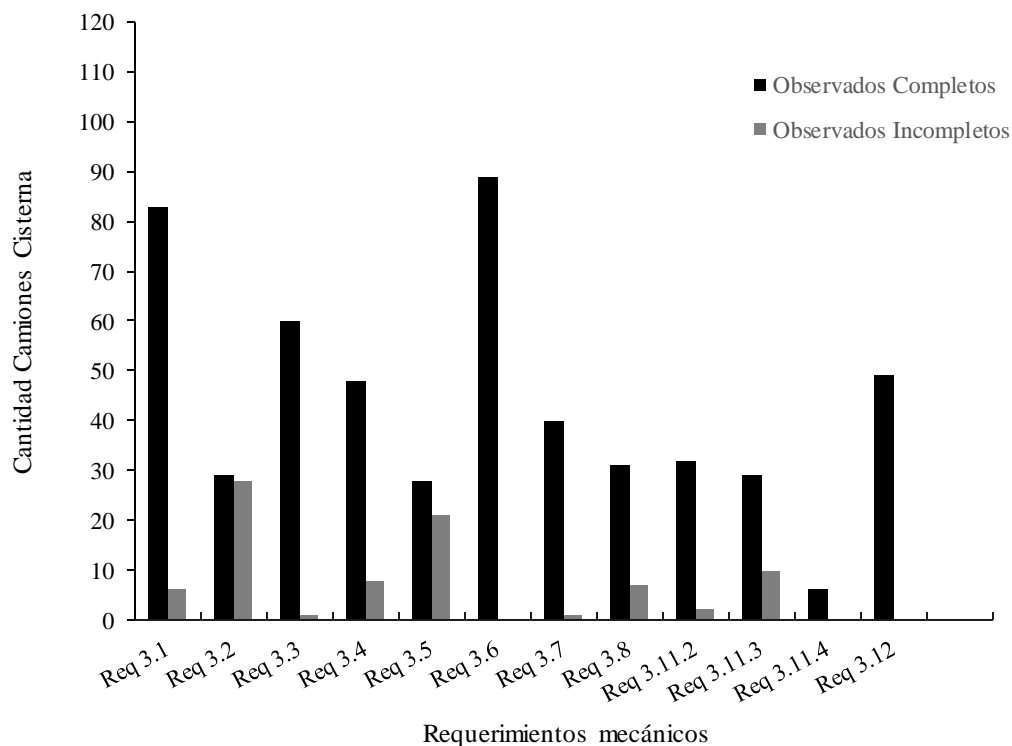


Figura 4.10 Requerimientos mecánicos observados clasificados como completos e incompletos

4.2.4 Análisis de resultados de la evaluación.

Con base en una entrevista personal realizada a los encargados de la construcción de los nuevos cargaderos de carga ventral en el plantel de Moín, se determina que los camiones cisterna deben cumplir de manera estricta con los siguientes requerimientos:

Cuadro 4.3 Requerimiento a cumplir para la carga ventral

Requerimiento del IECC	Nombre
2.1	Sistema de control de sobrellenado con sensores ópticos
2.2	Perno a tierra
2.3	Enchufe (socket) de conexión, receptáculos
2.4	Cableado con protección a hidrocarburos respectivo
2.7	Monitor a bordo
2.8	Sensores ópticos de sobrellenado
3.1	Canoa o tubería
3.2 y 3.11.3	Dispositivos de venteo secuencial de vapores con tubing y accesorios respectivos
3.3 y 3.4	Adaptador recuperador de vapores y su respectiva tapa protectora
3.6 y 3.7	Válvulas API y tapas respectivas
3.11.2	Aire comprimido

En el cuadro 4.4, se muestra los resultados de los camiones cisternas evaluados, según el cumplimiento de los requerimientos obligatorios mostrados en el cuadro 4.3

Del total de 113 camiones cisternas evaluados, solo 7 de los camiones cisterna presentan todos los requerimientos mínimos para la carga ventral con recuperación de vapores, clasificando como aptos.

Por otro lado el número restante de cisternas, se encuentran con cumplimiento parcial de los requerimientos, esto quiere decir que es necesario hacer algún tipo de modificación, sin embargo, esto dependerá de cada cisterna individualmente ya que en todos los casos se encontró situaciones y estados diferentes, por lo que se agrupan según las siguientes categorías:

- Cumplimiento parcial de 10 a 14 requerimientos: En esta categoría se incluyen requerimientos presentes y completos, requerimientos presentes e incompletos y requerimientos ausentes. Estas cisternas pueden ser aptos para la carga ventral pero haciendo las modificaciones necesarias.
- Cumplimiento parcial de 9 a 7 requerimientos: En esta categoría se incluyen requerimientos presentes y completos, requerimientos presentes e incompletos y requerimientos ausentes. En estas cisternas se incrementa el peso de incumplimiento y ausencia por lo que se estima una mayor inversión en comparación con la categoría anterior.
- En la última categoría se incluye a las cisternas que no poseen entre 8 a 14 requerimientos.

Cuadro 4.4 Distribución de los resultados de la evaluación de camiones cisterna según el IECC.

Resultados	Cantidad de camiones cisterna
Cumple todos requerimientos	7
Cumplimiento parcial de 10 a 14 requerimientos	33
Cumplimiento parcial de 9 a 7 requerimientos	10
No poseen de 8 a 14 requerimientos	63

Según las categorías establecidas, se obtienen los porcentajes mostrados en la figura 4.11, donde se nota que la flotilla evaluada no está en condiciones para realizar el cambio del tipo de carga de manera inmediata, ya que solamente el 6,19% de las cisternas son idóneos. Sin embargo un total de 38,05% se ha determinado como aptos pero sujetos a modificaciones e inversiones importantes.

Como se anotó anteriormente, el 55,75% de los cisternas evaluados son clasificados en definitiva como no aptos para la carga ventral, ya que no cuentan con los requerimientos mínimos, por lo que no se puede esperar un cambio a corto plazo a la nueva forma de carga. Una de las razones por las cuales la flotilla presenta éste comportamiento es la edad de los cisternas que ronda aproximadamente los 30 años en su mayoría, debido a la ausencia de la carga ventral en el país estos cisternas no se encuentren debidamente equipados y en muchos casos los aparatos presentes están descuidados y físicamente dañados, como se pudo comprobar con las inspecciones visuales.



Figura 4.11 Categorías de cumplimiento de los requerimientos para efectuar la carga ventral según el IECC.

En el cuadro 4.5 se muestran los requerimientos obligatorios presentes con mayor y menor nivel de cumplimiento en las cisternas evaluadas, de acuerdo al instrumento de evaluación de camiones cisterna.

Cuadro 4.5 Requerimientos obligatorios presentes con mayor y menor nivel de cumplimiento en las cisternas evaluadas.

Menor nivel de cumplimiento	Mayor nivel de cumplimiento
Perno a tierra	Cableado con chaqueta resistente a hidrocarburos
Monitor a bordo	Sensor óptico de sobrellenado
Suministro de aire comprimido correspondiente a los recuperadores de vapor.	Tubería
Tubing (tuberías conductoras de aire comprimido) y accesorios	Válvula API

4.3 MUESTREO DE COVS GENERADOS EN EL PROCESO DE CARGA DE LOS CAMIONES CISTERNA.

Se eligió el día del muestreo previendo que las estaciones de servicio necesitarían mayor cantidad de combustibles y que las cisternas se llenaran a máxima capacidad, esto ocurre principalmente de forma generalizada los días lunes. Las condiciones ambientales fueron temperatura de 24°C y 73,9% humedad relativa, obtenidos con un medidor de temperatura y humedad marca Dayer, modelo THI-10. Se realizaron las cargas de diésel y gasolinas en el cargadero (rack) 5 ya que contaba con mayor espacio, sin interrumpir el trabajo de los demás cargadores (ver figura 4.12).

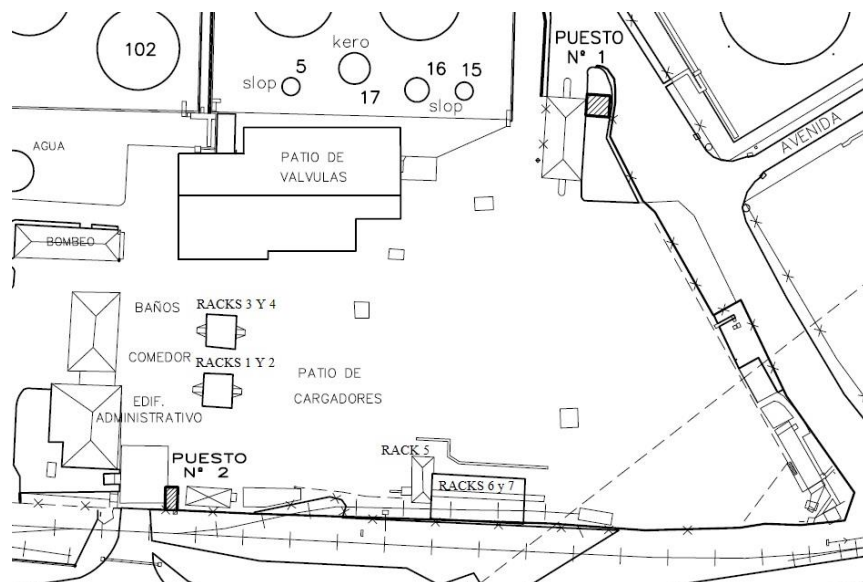


Figura 4.12 Sección de patio de cargadores del plano general, plantel El Alto RECOPE. Adaptado de: RECOPE, Mayo 2009. El Alto, Planta general de conjunto. Ver plano completo en el Anexo 2

Con el fin de recolectar una muestra de la mezcla de los vapores generados en la carga de las gasolinas súper y regular, se utilizó la cisterna #1 (ver cuadro 3.1), por lo tanto el punto de muestreo se encontraba al final del ducto de recuperación, colocándose la sonda como se observa en la figura 4.13.



Figura 4.13 Equipo de muestreo y primer punto de toma de muestra.

El segundo muestreo se realizó en la parte superior del cisterna #2, por lo que se utilizó el ducto para la canalización de los vapores. En ésta ocasión se contó con tres puntos de muestreo, uno para cada tipo de combustible, súper, diésel y regular.

Se utilizó para succionar los vapores una bomba Q-PUMP, modelo Escort Elf, con un caudal de succión de 0,7 L/min, la cual estaba conectada a una bolsa de material especial (Tedlar) de 5 litros de capacidad, para un tiempo de carga de aproximadamente 15 minutos. En la figura 4.14 se muestra una fotografía del muestreo realizado en la boca de acceso (manhole) de la cisterna.



Figura 4.14 Toma de muestra método de carga actual de combustible limpio utilizando el ducto conductor de los vapores de COV's generados.

Se realizó el diseño de las tapas como se puede observar en la figura 4.15, el orificio de la boca de acceso (manhole) posee un diámetro de 25,4 cm (10”), siendo éste el diámetro de la tapa, dentro de la cual se realizaron dos orificios uno de 10,16 cm (4”) de diámetro nominal ya que por éste se introdujo la caña para la carga, además con el fin de realizarlo lo más hermético posible se le colocó hule, para que así los vapores no se escaparan. Se realizó en la tapa un segundo orificio para el flujo de los vapores, se colocó un ducto con un diámetro interno de 7,3 cm (2,87”) y diámetro nominal de 7,8 (3,00”), con 1 m de altura, en el cual a exactamente los 50 cm, se le realizó una perforación de 2,5 cm (1,00”), con el fin de colocar la sonda para la succión de los vapores. El ducto se construyó de manera que se lograra desmontar y en su lugar colocar un tapón tipo rosca que no permitiera la fuga de los vapores y canalizarlos al punto de salida en el caso del primer muestreo. La construcción de las tres tapas requeridas estuvo a cargo del Departamento de Mantenimiento de RECOPE.



Figura 4.15 Tapas o ductos utilizados en el muestreo de los COV's

Las muestras de los vapores fueron llevados al laboratorio y se obtuvieron los resultados de porcentaje de áreas, utilizando la técnica de espectrofotometría de masas, para determinar la fracción de oxígeno y nitrógeno en la muestra se utilizó el método cromatografía de gases con detección TCD Thermal Conductivity Detector, o detector de conductividad térmica puente de Wheston (Amón, R. Entrevista personal, Agosto, 2015).

Los datos del muestreo realizado al cisterna #1 se descartan ya que en el momento de la succión no se percibía un flujo de COV's saliendo por el ducto, por lo que en la bolsa de tedlar no se recolectó suficiente muestra, se sospecha que existía una fuga importante en las tapas, además anterior al inicio del muestreo el cisterna se movió con las bocas de acceso (manhole) abiertos, aún sin iniciar la carga, por lo que propició el escape de vapores.

Los datos obtenidos con el muestreo realizado a la cisterna #2 se utilizaron como insumo de las concentraciones de emisión en la simulación de las líneas de dispersión de COV's.

4.4 SIMULACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE COVS.

4.4.1 Líneas de dispersión de los COV's

Para graficar las líneas de dispersión de los COV's, el programa AERMOD View versión 9 requirió de los siguientes insumos: datos meteorológicos, georreferenciación de las fuentes de emisión y los edificios, altura de las fuentes de emisión y edificios cercanos, concentración de salida del contaminante, así como su temperatura y flujo volumétrico y datos del terreno.

El programa Aermod calcula las concentraciones en cada una de las esquinas del perímetro de la planta, en la malla de receptores cartesianos que se utilizó. En éste caso se tienen 441 receptores y en cada uno de estos puntos el programa calcula la concentración hora por hora (un total de 8760 cálculos de concentración por año) y selecciona los valores más alto que son reportados en una sola gráfica.

Las gráficas de isoconcentración o líneas de dispersión de los vapores de hidrocarburos, se muestran en las siguientes figuras, según época (seca o lluviosa) y además la simulación del comportamiento de los vapores utilizando los datos meteorológicos correspondientes al año 2014. Con éstos resultados se pretende obtener un panorama de cómo se comportan la mezcla de vapores en su dispersión a lo largo de las zonas aledañas al plantel.

Los detalles de la modelación de las líneas de dispersión se encuentran en el Apéndice 7.

4.4.1.1 Gráficas de isoconcentración para el año 2014:

En la figura 4.16 se muestra el panorama de comportamiento de las líneas de isoconcentración durante el año de estudio y se aprecia que las mayores concentraciones de COV's se encuentran en los alrededores del plantel El Alto, con valores máximos de

concentración de $6,22 \times 10^4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, debido a que no se cuenta con una legislación para los COV's en el país, esta concentración no se puede catalogar como alta, baja o peligrosa para la población. La pluma de contaminantes se extiende al este hasta llegar a la comunidad de Taras, y hacia el oeste hasta llegar al Barrio el Fierro, abarcando diversos sectores siendo el barrio El Alto de Ochoмого, uno de los que percibe la concentración más significativas a lo largo del año.

La generación de los COV's va a variar de acuerdo a las condiciones climatológicas y temperatura de salida, concentración y flujo de salida de los vapores en el momento de la carga, de aquí la importancia de conocer su posible comportamiento por estaciones del año.

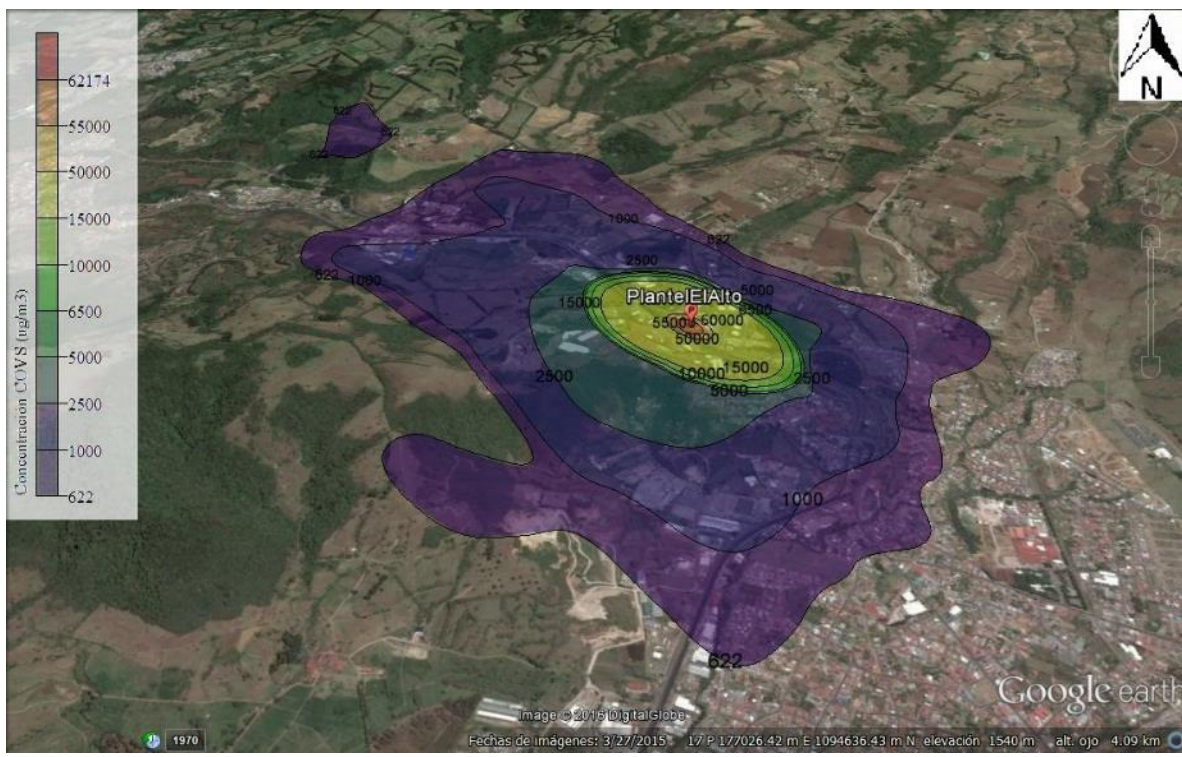


Figura 4.16 Líneas de dispersión de COV's para el año 2014

4.4.1.2 Gráficas de isoconcentración época seca, año 2014:

Según el IMN en la época seca y el verano en el valle oriental, los vientos predominantes son los vientos alisios provenientes de la dirección norte y noreste (IMN, 2015). Se observa en la figura 4.17 que las líneas de dispersión se dirigen hacia la dirección sur y suroeste,

alcanzando hasta el poblado de Barrio El Fierro, con concentraciones de $480 \mu\text{g}/\text{m}^3$ debido a que no se cuenta con una legislación para los COV's en el país, esta concentración no se puede catalogar como alta, baja o peligrosa para la población, se aprecia además que no hay una extensión de COV's hacia Taras en ésta época.

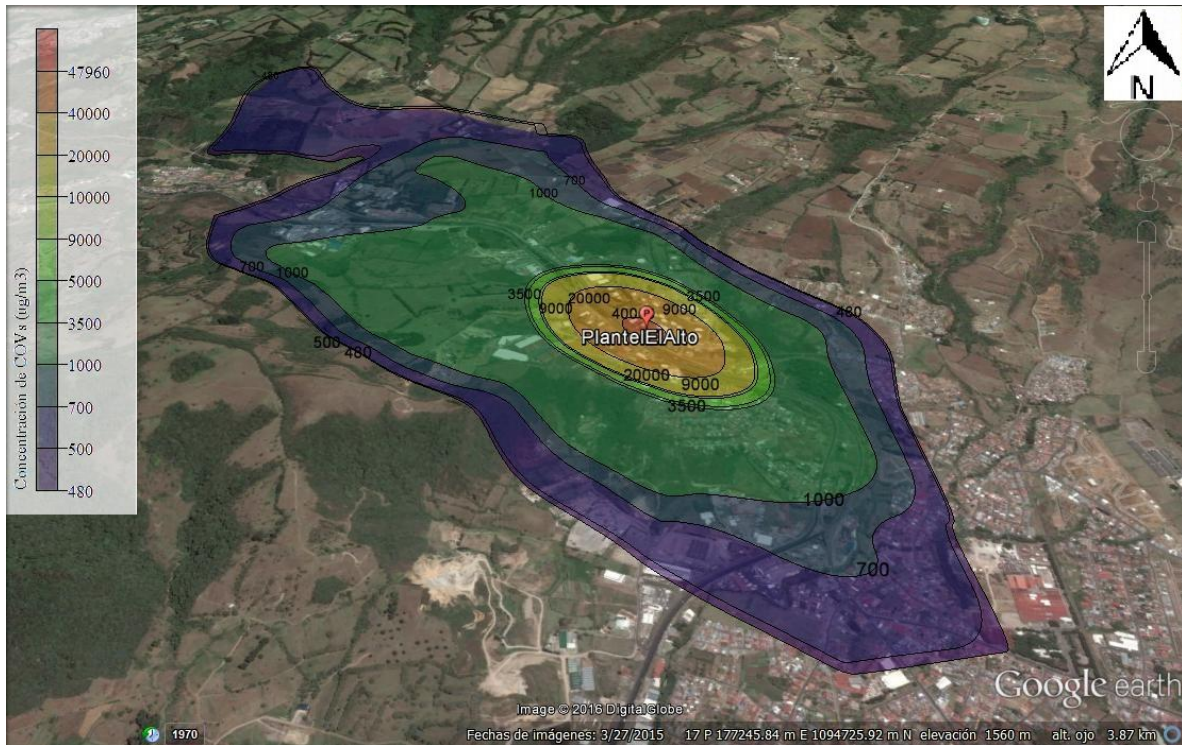


Figura 4.17 Líneas de dispersión de COV's época seca, año 2014

4.4.1.3 Gráficas de isoconcentración época lluviosa, año 2014:

Según el IMN, en la época lluviosa predominan durante las mañanas los vientos calmos o alisios débil, mientras que en las tardes predominan los vientos provenientes del oeste (IMN, 2015). De acuerdo a la figura 4.18 la dispersión de los COV's es predominante en la dirección este, desplazándose hasta el poblado de Taras y extendiéndose hacia el sureste.

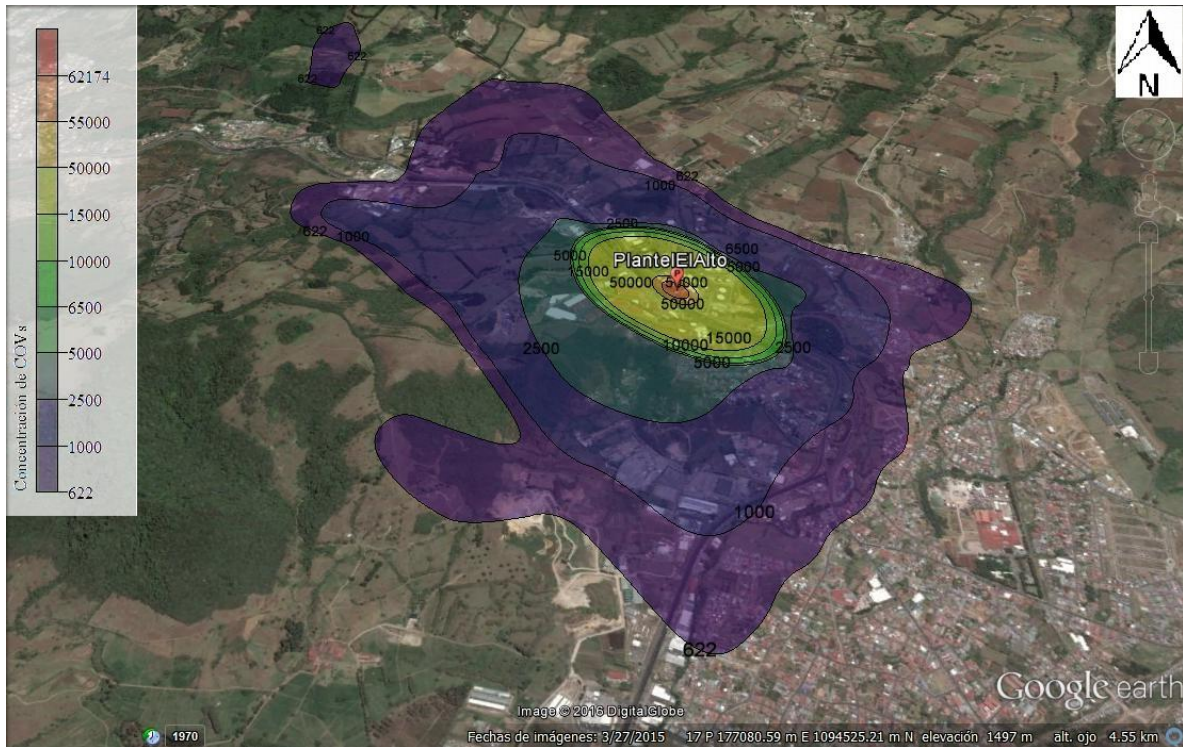


Figura 4.18 Líneas de dispersión de COV's época lluviosa del año 2014

4.4.2 Estudio de los reportes de las infecciones respiratorias agudas

La figura 4.19 muestra que el Barrio El Alto de Ochomogo se encuentra ubicado entre las líneas de isoconcentración de 2500 y 5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, al ser un centro de población importante y cercano al plantel El Alto, se buscó analizar la posible correlación entre la dispersión de contaminantes y las afecciones respiratorias registradas en el centro de salud de la comunidad.

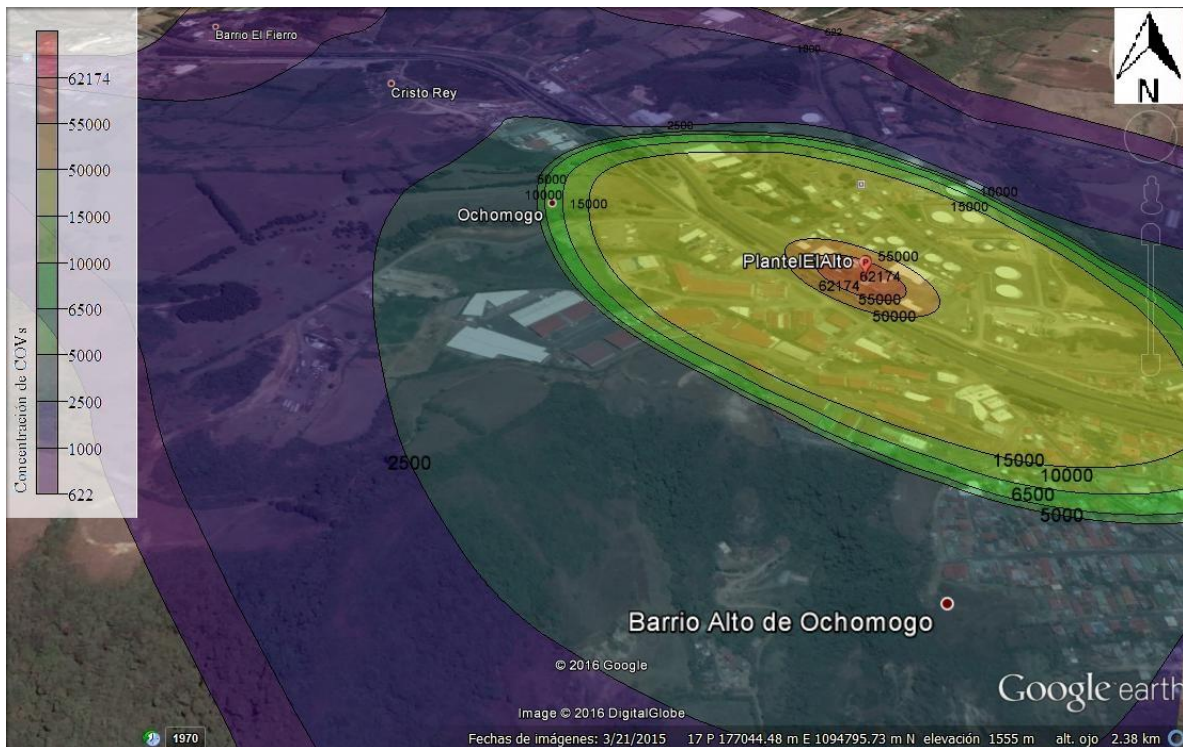


Figura 4.19 Líneas de dispersión de COV's época lluviosa sector oeste con respecto al plantel El Alto, año 2014.

Según el historial del departamento de registros médicos de la unidad de salud de Cartago, se conoce como infecciones respiratorias agudas (IRAS) a las enfermedades respiratorias que comprenden: otitis media aguda, infección de vías respiratorias superiores, oringoamegdalitis agudas, faringitis aguda, laringitis aguda (Quirós, R. Entrevista personal, 23 de setiembre, 2015).

El análisis de los documentos de registros de IRAS del año 2014 en el Ebais de Ochomogo se obtiene que las enfermedades respiratorias son mayores en los meses de la época lluviosa coincidiendo en algunos casos con los meses de mayor precipitación (figura 4.20) y en el cual la dirección del viento está mayormente en dirección al poblado de El Alto.

A pesar de los resultados en los registros, no se puede afirmar que las enfermedades respiratorias son causadas por la influencia de la dispersión de los COV's en la zona, ya que influyen además de las condiciones ambientales y los factores de riesgo que presentan los ciudadanos (edad, obesidad, enfermedades cardiovasculares, entre otras).

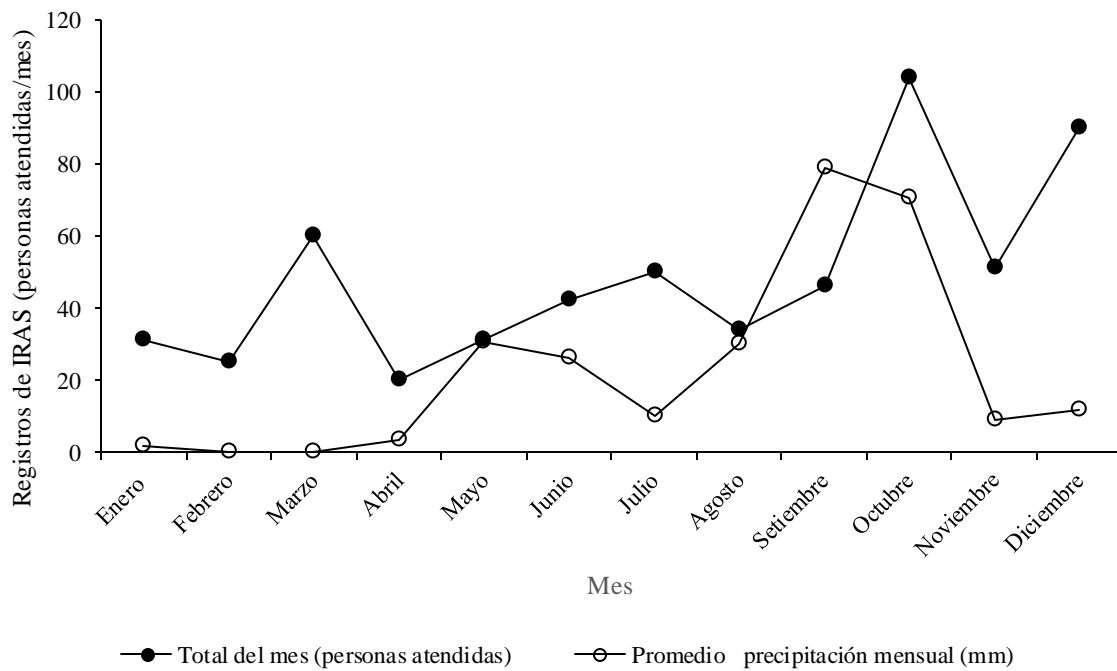


Figura 4.20 Precipitación mensual y registro de IRAS en el año 2014. Fuente IMN (2015) y Unidad de Salud de Cartago (2015).

Por lo anterior se procede a realizar una prueba de correlación entre los registros IRAS semanales y las precipitaciones semanales de los años 2013 y 2014 presentes en la región, dando como resultados en todos los casos que no se encuentra correlación entre las variables, ver Apéndice 3.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se determinó que para realizar la recuperación de COV's, los camiones cisterna requieren cumplir de manera estricta con 14 requerimientos incluidos en el instrumento de evacuación de los camiones cisterna, entre ellos se encuentran el sistema de control de sobrellenado con sensores ópticos, perno a tierra, receptáculos, cableado con protección a hidrocarburos, monitor a bordo, sensores ópticos de sobrellenado, tubería, dispositivos de venteo secuencial de vapores, tubing y accesorios, adaptador recuperador de vapores y tapa protectora, válvulas API y tapa protectora y aire comprimido.
- Del total de 113 camiones cisternas evaluados solamente el 6,19% posee todos los requerimientos para la carga ventral y más del 50% de la flotilla actual no cuenta con los requerimientos eléctricos ni mecánicos para la carga ventral.
- El 38,05% de los camiones cisternas evaluados podrían ser aptos para la carga ventral sujetos a modificaciones e inversiones.
- Los requerimientos más observados en los cisternas evaluados fueron el cableado con chaqueta resistente a hidrocarburos para un 59,3%, los sensores ópticos de sobre llenado en un 47,8%, con respecto a los requerimientos mecánicos, la tubería y las válvulas API en un 78,76% ambos requerimientos.
- De acuerdo con la simulación, la mayor concentración de COV's se ubica en el patio de carga de los cisterna y se dirige según la dirección del viento en época seca hacia el sur y suroeste, llegando hasta el Barrio El Fierro. Para la época lluviosa la dispersión de COV's se dirige según la dirección del viento predominante hacia el este llegando hasta la comunidad de Taras.
- El Barrio El Alto de Ochozogo es la localidad más importante cercana al plantel y se encuentra ubicado entre las líneas de isoconcentración de 2500 y 5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, debido a que no se cuenta con una legislación para los COV's en el país, esta concentración no se puede catalogar como alta, baja o peligrosa para la población sin embargo no se encontró relación entre los registros de IRAS (otitis media aguda, infección de vías respiratorias superiores, oringoamegdalitis agudas, faringitis aguda,

laringitis aguda) y la dispersión de los COV's, ya que influyen además los factores de riesgo de la población (edad, obesidad, enfermedades cardiovasculares, entre otras).

5.2 RECOMENDACIONES

- Previo a la construcción de los nuevos cargaderos, se debe plantear diálogos con los transportistas para llegar a acuerdos de la forma en que se realizarán las modificaciones a los camiones cisterna.
- Para evaluar el correcto funcionamiento de los componentes mecánicos y eléctricos de las cisternas, se recomienda que los talleres mecánicos autorizados realicen las respectivas pruebas verificando el funcionamiento de los permisos para la carga ventral.
- Muestrear y monitorear de manera más frecuente las concentraciones de salida de los COV's en la carga, para generar registros que permitan obtener más insumos para la modelación y validación de los resultados.
- Estudiar la posibilidad de colocar equipos de monitoreo de la calidad del aire ambiental, para realizar muestreos perimetrales y comparar con la normativa nacional disponible.
- Estudiar las concentraciones de ozono troposférico en los alrededores del plantel para determinar si existe correlación con los estados de salud tanto de los pobladores de la zona y de los trabajadores del plantel y verificar el cumplimiento de la legislación vigente.
- Para mejorar los resultados de las modelaciones se recomienda analizar el comportamiento de la dispersión a nivel del suelo por el efecto de arrastre por edificios, realizar un análisis más exhaustivo en los lugares de mayor concentración, generar datos meteorológicos para las diferentes épocas del año y días de muestreo.
- Incluir en futuras modelaciones las emisiones de los tanques de almacenamiento de los productos, así como las emisiones fugitivas de las tuberías de transporte del combustible dentro del plantel.

6 REFERENCIAS

- ARESEP. (2014, June 12). Modelo Tarifario para flete de transporte por kilómetro por litro de combustibles. *La Gaceta*, pp. 28–36. San José, Costa Rica.
- Blas, M. (2009). *Tesis Doctoral DESARROLLO Y APLICACIÓN DE TÉCNICAS AVANZADAS DE MEDIDA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES EN LA ATMÓSFERA*. Universidad del País Vasco, País Vasco.
- Carranza, A. (2014). C A P I T U L O 1 CONCEPTOS BÁSICOS. In *Manual del Curso AERMOD VIEW Modelos ambientales* (pp. 1–21). Mexico.
- CEC. (2009). El ozono troposférico. *El Mosaico de América Del Norte: Panorama de Los Problemas Ambientales Más Relevantes*, 4. Retrieved from <http://www3.cec.org/islandora/es/item/986-north-american-mosaic-overview-key-environmental-issues/>
- Cordero, L. (2013). *Propuesta del sistema de tratamiento de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV ´ s), en el plantel de RECOPE ubicado en El Alto de Ochomogo* . Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Cordero, V., & Hernández, N. (2011). *Evaluación de las emisiones atmosféricas y fugitivas emitidas en las principales unidades de procesos pertenecientes a la Refinería de Puerto la Cruz, estado Anzoátegui*. Universidad de Oriente.
- DGTCC. (2015). *Control Transporte de Cisternas Actualizado 01 abril 2015*. San José, Costa Rica. Retrieved from <http://crcombustibles.blogspot.com/2015/04/camiones-cisternas-autorizados-al-01-de.html>
- EEA. (2014). *Air quality in Europe — 2014 report*. Unión Europea. Retrieved from <http://blog.troposfera.org/2014/11/calidad-del-aire-en-europa-informe-aema.html>
- Hewitt, C. N. (1999). Production, Processing, Storage, and Distribution of Liquid fossil fuels. In *Reactive Hydrocarbons in the atmosphere* (p. 321). San Diego, California. Retrieved from https://books.google.co.cr/books?id=Fn5368-Gv7AC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

- IMN. (2014). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono 2010*. San José, Costa Rica. Retrieved from <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/inventario-nacional-de-gases-de-efecto-invernadero-y-absorcion-de-carbono-2010>
- IMN. (2015). Valle central. Retrieved June 17, 2015, from <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/31165/ValleCentral.pdf/49aba14d-e4c1-427f-a382-25d090a9081e>
- Meza, G., & Redondo, J. (2008). *PROPUESTA DE UN PLAN DE EVACUACIÓN PARA LA COMUNIDAD DE EL ALTO DE OCHOMOGO DE CARA A LA OCURRENCIA DEL PEOR ESCENARIO DE INCENDIO EN EL PLANTEL DE RECOPE, CARTAGO*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- MINAET. (2009). *Estrategia Nacional del Cambio Climático*. (Calderón y Alvarado S.A., Ed.) (primera). Costa Rica.
- Pyor, S., Crippa, P., & Sullivan, R. (2015). Atmospheric Chemistry. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, 1 – 7. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09177-6>
- Ramanathan, V., & Feng, Y. (2009). Air pollution, greenhouse gases and climate change: Global and regional perspectives. *Atmospheric Environment*, 43(1), 37–50. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.09.063>
- RECOPE. (2013). Historia | Recope. Retrieved March 17, 2015, from <https://www.recope.go.cr/quienes-somos/historia/>
- RECOPE. (2014). REPORTE DE CAMIONES QUE INGRESAN AL PLANTEL ALTO PRODUCTO LIMPIO PRIMER SEMESTRE 2014. Cartago, Costa Rica.
- SEA. (2012). Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA. Santiago, Chile.
- Sibaja, J. (2014). *Aplicación del modelo AERMOD para determinar los niveles de calidad del aire para contaminantes atmosféricos*. Universidad Nacional.
- Tamaddoni, M., Sotudeh-gharebagh, R., & Nario, S. (2013). Experimental study of the VOC emitted from crude. *Process Safety and Environmental Protection*, 92(6), 929–937. <http://doi.org/10.1016/j.psep.2013.10.005>

- USEPA. (1995). Transportation And Marketing Of Petroleum Liquids. In *AP 42, Volume I Chapter 5: Petroleum Industry* (Quinta Edi, pp. 1–17). Estados Unidos. Retrieved from <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch05/final/c05s02.pdf>
- USEPA. (2005). Volatile Organic Compounds Emissions, What are the trends in outdoor air quality and their effects on human health and the environment? Retrieved from <http://cfpub.epa.gov/eroe/index.cfm?fuseaction=detail.viewPDF&ch=46&IShowInd=0&subtop=341&lv=list.listByChapter&r=209842>
- USEPA. (2010a). Air Quality Models | TTN - Support Center for Regulatory Atmospheric Modeling | US EPA. Retrieved from <http://www.epa.gov/ttn/scram/aqminindex.htm>
- USEPA. (2010b). Dispersion Modeling | TTN - Support Center for Regulatory Atmospheric Modeling | US EPA. Retrieved June 3, 2015, from <http://www.epa.gov/ttn/scram/dispersionindex.htm>
- USEPA. (2013a). Benceno | US EPA | Tecnología Tóxicos del Aire sitio Web de la Red de Transferencia. Retrieved April 10, 2015, from <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/benzene.html>
- USEPA. (2013b). Tolueno | Transferencia de Tecnología de red de Tóxicos de Aire sitio Web | US EPA. Retrieved April 10, 2015, from <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/toluene.html>
- USEPA. (2013c). Xylenes | Technology Transfer Network Air Toxics Web site | US EPA. Retrieved April 10, 2015, from <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/xylenes.html>
- USEPA. (2014). Ozone Good Up High Bad Nearby - Why Bad Nearby. Retrieved April 14, 2015, from <http://www.epa.gov/oar/oaqps/gooduphigh/bad.html#8>
- Valor, I., Martínez, J. V., Cortada, C., Muñoz, F., & Suárez, C. (2001, April). La olfatometría Control y solución a los problemas de olores. *Medio Ambiente*, 191–196. Retrieved from <http://www.inese.es/html/files/pdf/amb/iq/412/11ARTICULOAB.pdf>
- Visscher, A. De. (2014). *Air Dispersion Modeling*. (John Wiley & Son Inc, Ed.). New Jersey, EEUU.

7 APÉNDICES

7.1 APÉNDICE 1. INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN DE LOS CAMIONES CISTERNA

Página 1:

1. Información General		Observaciones
1,1	Transportista\Peddler:	
1,2	Teléfono:	
1,3	Chofer:	
1,4	Placa del cabezal:	
1,5	Marca del Cisterna	
1,6	Placa del Cisterna (Código CR)	
1,7	Año de fabricación del cisterna:	
1,8	Permiso de Operación	
1,9	Código RECOPE:	
1,10	Tipo de combustible autorizado para transportar	
1,11	Capacidad total del cisterna:	
1,12	Número de compartimientos:	
	Capacidad del 1er Compartimiento (L)	
	Capacidad del 2do Compartimiento (L)	
	Capacidad del 3ero Compartimiento (L)	
	Capacidad del 4to Compartimiento (L)	
	Capacidad del 5to Compartimiento (L)	
	Capacidad del 6to Compartimiento (L)	

2. Sistema Eléctrico del Cisterna		Estado	Observaciones
2.1	Sistema de control de sobrellenado con sensores ópticos		
2.2	Perno de tierra		
2.3	Enchufe (socket) de conexión\ Receptáculos		
2.4	Cableado con chaqueta resistente a hidrocarburos		
2.5	Cable de cobre estañado y trenzado calibre #20		
2.6	Cinco líneas de cableado: negro, verde, amarillo, naranja y rojo		
	Variantes de diseño alternativo		
2.7	Monitor a bordo		
2.8	Sensor óptico de sobrellenado		
2.9	Sensor óptico de retención		
2.10	Siete líneas de cableado: negro, blanco, azul, verde, amarillo, naranja y rojo		

3. Sistema Mecánico del Cisterna		Estado	Observaciones
3.1	Tubería		
3.2	Dispositivos de venteo secuencial de vapores/ Válvulas de venteos		
3.3	Adaptador recuperador de vapores		
3.4	Tapa para adaptador recuperador de vapores		
3.5	Válvula de tres vías neumáticas tipo piloto		
3.6	Válvulas API de carga por debajo		
3.7	Tapa Adaptador API de Carga y Descarga		
3.8	Sistema neumático de bloqueo de frenos		
3.9	Válvula Interna de Emergencia		
3.10	Bocas de acceso (manhole)		
3.11	Control neumático		
3.11.1	Panel de control neumático con válvula de 5 puertos y dos posiciones		
3.11.2	Suministro de Aire		
3.11.3	Tubing y accesorios		
3.11.4	Válvula de paro emergencia neumática		
3.11.5	Permisivos neumáticos.		
3.12	Acoples de gravedad		

7.2 APÉNDICE 2. COMPONENTES REQUERIDOS PARA LA CARGA VENTRAL DE PRODUCTO LIMPIO Y LA POSTERIOR RECUPERACIÓN DE LOS COV'S EN LOS CAMIONES CISTERNA

7.2.1 Norma API

Para hacer efectiva una carga por debajo o carga ventral de los combustibles, los camiones cisternas deben cumplir con una serie de requerimientos mecánicos y eléctricos para poner con certeza realizar una carga segura.

La norma internacional en la que se basa el diseño y los requerimientos para la carga ventral es la Instituto Americano de Petróleo-1004 (API, por sus siglas en inglés). En lo establecido en la norma específicamente en los capítulos 4 y 5 se encuentra que las tuberías de carga con válvulas o acoples API deben ser capaces de acoplarse al cisterna y a la Isla de carga (rack) y deben poder ser abiertas por medio manuales o automáticos y deben poseer un diámetro de 4". En el otro extremo de estas tuberías debe haber escotillas o válvulas de fondo o de emergencia que permitan controlar el acceso al compartimento. Las válvulas API deben tener un rango de acoplamiento que permita la conexión en cualquier posición en un rango de 360 grados sin ningún adaptador adicional y mantener un bloqueo de seguridad de dos etapas para evitar los derrames en el momento del acople de los brazos de carga. Debe tener al menos 25 centímetros de espacio libre a ambos lados, medido desde los centros de los acoples o válvulas API, los cuales deben estar ubicados al lado derecho de la cisterna. Además, se recomienda utilizar una cubierta con sello hermético a los líquidos para evitar fugas y para proteger el adaptador de carga inferior, ésta cubierta debe ser parte del adaptador, no parte de la cisterna, contar deben tener una válvula 3 vías neumática montada arriba (o en su defecto una barra de bloqueo común a todas las válvulas API) de manera que exista un enclavamiento mecánico o bloqueo de los frenos del cisterna, cuando se conecte el acople API, entre otras recomendaciones para este capítulo (API, 2003).

En el capítulo 5 se establecen las recomendaciones con respecto a los sensores ópticos de sobre llenado en las cisternas, cuya función es evitar el sobrellenado de los compartimentos, en caso de error al cargar más combustible de la máxima capacidad del compartimento. El largo del sensor óptico dependerá de la máxima capacidad de cada compartimento para obtener el mínimo de 227 litros (60 galones) como volumen de seguridad, para que se llene el compartimento, en primera

instancia la profundidad de colocación de dicho sensor será el volumen total del compartimiento menos el volumen de seguridad mínimo, lo cual va a depender del caudal máximo de llenado (el cual se establece en un rango de 2,27-3,40 m³/min por brazo de carga), tiempo de respuesta de la válvula, el volumen de cada compartimiento del cisterna, ver figura 4. Así también en el capítulo 5 de ésta norma se realiza un énfasis especial en el uso de chaqueta de protección contra hidrocarburos para los sistemas eléctricos, especialmente el cableado (además del código de colores) que se requieren en el cisterna, además se dan las premisas el diseño y localización de los receptáculos ópticos que deben tener los cisternas y las islas de carga(API, 2003).

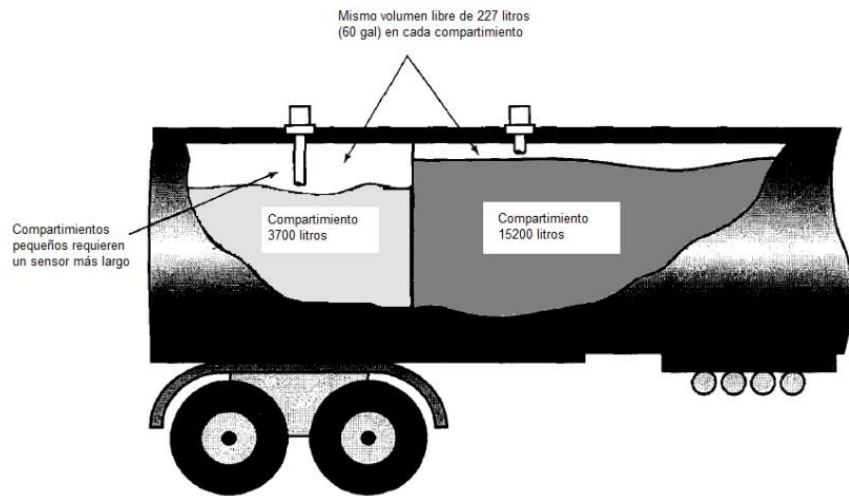


Figura A.2.7.1 Vista lateral del camión cisterna que muestra la necesidad de las diferentes profundidades de los sensores ópticos según el tamaño del compartimiento. Adaptado de: API-1004, 2003. Carga Inferior y recuperación de vapor para cisternas MC-306 y DOT-406.

El capítulo 6 de la norma API-1004, se establecen los requerimientos para la recuperación de vapores de las gasolinas, entre ellas la especificación del diámetro del adaptador el cual debe ser de 4" y su ubicación específica en el cisterna, y los diferentes panoramas para la carga ventral de las gasolinas con o sin recuperación de vapores (API, 2003).

Nota Aclaratoria: Las imágenes que se muestran en éste apéndice poseen un carácter ilustrativo con el fin de orientar al lector de éste documento, ya que en el mercado existen infinidad de marcas que proveen los componentes detallados a continuación.

7.2.2 Componentes Eléctricos

7.2.2.1 Sistema de control de sobrellenado con sensores ópticos:

Éstos sistemas son de tecnología óptica para el controlar el sistema de sobrellenado, éstos sockets deben indicar que son tipo óptico, color azul ya que la isla de carga o rack cuenta también con la misma codificación de color (en el caso del plantel de Moín), ambos deben contar con seis contactos eléctricos y tres vástagos de conexión (pines) de ranura para bloqueo y cumplir con las dimensiones establecidas en la API-1004, año 2003, además debe incluir tapa anti polvo.



Figura A.7.2 Sistema de control de sobrellenado con sensores ópticos. Adaptado de: Electronic Overfill Protection Tank Truck Parts/Products Catalog (OPW-CIVAcon), 2014. Tomado de: Elaboración Propia.

7.2.2.2 Perno de Tierra:

Este requerimiento proporciona verificar la continuidad con tierra del cisterna, ésta pieza debe estar firmemente sujeta al chasis del camión cisterna, y cableado a la clavija (pin) N° 9 del enchufe (socket) para proporcionar verificación a tierra. El perno debe ser de construcción de acero inoxidable, la dimensión del cable es de 165 cm mínimo, el cual es parte integral del perno y debe encontrarse instalado de manera permanente al perno desde su fabricación, tener una etiqueta identificadora y protectora del perno. Todas las conexiones para aterrizamiento de la cisterna deberán ser realizadas de acuerdo con la práctica recomendada TTMA RP No. 73.



Figura A.7.3 Perno de tierra. Adaptado de: Electronic Overfill Protection Tank Truck Parts/Products Catalog (OPW-CIVACON), 2014. Tomado de: Elaboración Propia.

7.2.2.3 Sensor óptico de sobrellenado:

Este sensor está localizado sobre el manhole, y se deben instalar una unidad por cada compartimiento de la cisterna. El dispositivo cuenta con un prisma al final del sensor con índice de refracción entre 1.37 y 1.60 para trabajar con fluidos con una viscosidad máxima de 1000 SSU, su temperatura de operación satisfactoria está entre los $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $71.1\text{ }^{\circ}\text{C}$. El sensor óptico de sobrellenado debe enviar una señal al monitor a bordo, el cual da una indicación visual al operario sobre cual compartimiento presenta un evento de sobrellenado e inmediatamente se envía una señal a la unidad de control de carga para detener el proceso de llenado. Para una buena operación del sensor el cuerpo y la sonda deben ser de aluminio y no puede utilizarse pegamento o adhesivo para la sujeción de ninguna parte del mismo, sino con una rosca y contratuerca de acero inoxidable.



Figura A.7.4 Sensor óptico de sobrellenado. Adaptado de: Electronic Overfill Protection Tank Truck Parts/Products Catalog (OPW-CIVACON), 2014. Tomado de: Elaboración Propia

7.2.2.4 Monitor a bordo

El monitor a bordo por sí sólo es un sistema de prevención de sobrellenado y monitoreo de productos retenidos.

Entre las características principales que debe tener son las siguientes:

- Entradas auxiliares de uso programable, diagnóstico completo del sistema a bordo.
- El cuerpo del monitor debe ser de material resistente a la corrosión, su ventana de indicación debe ser de material a prueba de rayones. La unidad debe ser compatible con sensores ópticos de 2 hilos (descritos anteriormente 1.3).
- El monitor debe pulsar todos los sensores a bordo de la cisterna constantemente para verificar su condición.
- El monitor debe contener la cantidad de compartimientos de la cisterna, además contar con un interruptor de presión que se activa al recibir una señal neumática de al menos 60 psi.
- El monitor debe contar con tres entradas auxiliares para dispositivos de seguridad de frenos, sensores de presión y otros complementos. Los tornillos de unión deben ser en acero inoxidable, los puntos de contacto eléctrico lubricado, cableado de cobre recubierto con estaño, además debe contar con luz confirmadora para afirmar la conexión del socket y la fuente de poder, con un botón para restablecer los sensores ópticos de retención, con diagnóstico para diferenciar entre sensores que no están funcionando, sensores rotos o conexiones corroídas.



Figura A.7.5 Monitor a Bordo. Adaptado de: Electronic Overfill Protection Tank Truck Parts/Products Catalog (OPW-CIVACON), 2014. Tomado de: Elaboración Propia.

7.2.2.5 *Sensor óptico de retención*

Entre las características de los sensores ópticos de retención están ser de tipo óptico, contado con un prisma al final del sensor con índice de refracción entre 1.37 y 1.60 para trabajar con fluidos con una viscosidad máxima de 1000 SSU, al igual que el sensor óptico de sobrellenado, debe operar satisfactoriamente a temperaturas entre -40 °C y 71.1 °C. Su función es enviar una señal al monitor a bordo, el cual da una indicación visual al operario de que antes de iniciar el proceso de carga, existe producto en el fondo de un compartimiento, con esto se puede evitar una posibilidad de sobrellenado, o bien, contaminación del producto al combinarse con otros residuos en el compartimiento. Éste sensor se encuentra ubicado en la parte inferior de cada compartimiento, fabricado en acero inoxidable.



Figura A.7.6 Sensor óptico de retención. Adaptado de: **Electronic Overfill Protection Tank Truck Parts/Products Catalog (OPW-CIVACON), 2014. Tomado de: Elaboración Propia.**

7.2.2.6 *Cableado*

Todos los dispositivos eléctricos deben contar con su respectivo cableado, el cual como mínimo debe ser de 5 líneas de cobre estaño y trenzado calibre #20, codificado con los siguientes colores: negro, verde, amarillo, naranja y rojo. Se recomienda que todas las salidas de los sensores y dispositivos eléctricos cuenten con accesorios prensa estopa para alivio de esfuerzos en cable, el cual debe ser impermeable, así como utilizar conectores roscables aislados para empalmar las conexiones de los sensores.

Cuando se utiliza el monitor a bordo el cableado a utilizar es de 7 líneas, cable de cobre estañado y trenzado calibre #20, las líneas deben estar codificadas con los siguientes colores:

Negro, blanco, azul, verde, amarillo, naranja y rojo. Todo el cableado anterior debe utilizar chaqueta resistente a hidrocarburos.



Figura A.7.7 Cableado. Adaptado de: **Electronic Overfill Protection Tank Truck Parts/Products Catalog (OPW-CIVACON), 2014.** Tomado de: **Elaboración Propia.**

7.2.3 Componentes Mecánicos.

7.2.3.1 Tubería

La tubería, incluyendo la canoa de los camiones cisterna deben ser diseñado como lo indica el Reglamento Técnico Centroamericano de Transporte Terrestre de Hidrocarburos Líquidos (excepto LPG), en la sección 7.3, establece las presiones a las que deben trabajar las tuberías los materiales con los que puede ser construido, entre estas indicaciones se encuentran: *“La tubería de descarga debe estar provista con una sección maquinada en el cuello exterior del asiento de la válvula de emergencia a una distancia aproximadamente de 10 cm del cuerpo del tanque, la cual se debe romper por la fuerza de un golpe y dejar intacta la válvula y su acoplamiento al tanque, la resistencia de la tubería, conexiones, aditamentos, mangueras y acoplamientos de manguera, para tanques que son descargados por presión, deben ser diseñados para una presión de ruptura de por lo menos 7,0 kgf/cm² (100 lbf/pulg²) y no menor de cuatro veces la presión de servicio generada por la acción de cualquier bomba montada en el vehículo u otro mecanismo (no incluyendo válvulas de alivio de seguridad). Cualquier acoplamiento de la manguera para hacer conexiones debe estar diseñado para una presión de trabajo no menor del 20% en exceso de la presión de diseño de la manguera, de tal forma que no haya fuga cuando sea conectada. Las uniones entre la manguera y la tubería de descarga deben ser tales que eviten daños provocados por expansión, contracción y vibración en la tubería”.*

7.2.3.2 Adaptador API de Carga y Descarga

Es el dispositivo al cual se une el acople de carga del brazo de carga del líquido que se encuentra en la terminal o rack. La válvula adaptadora deberá ser construida de manera que no se pueda abrir a menos de que sea correctamente unida y no se pueda desconectar a menos que esté cerrada, previniendo de esta manera el derrame de líquido mientras se conecta o se desconecta el brazo. Las especificaciones de construcción de dicho adaptador se encuentran descritas en la práctica recomendada API RP 1004.

Se recomienda que la válvula esté equipada con una válvula de tres vías neumática tipo piloto, montada arriba del adaptador de manera que exista un enclavamiento mecánico de la siguiente manera: si el acople de recuperación es conectado la válvula se activa, si el acople es desconectado la válvula neumática se libera. La señal neumática que genera esta válvula piloto deberá conectarse en serie en el lazo del sistema neumático de enclavamiento de los frenos, venteo secuencial y apertura de válvulas internas de emergencia en el fondo de cada compartimento.

La pérdida de presión en la unión entre el adaptador y el acople debe ser tan bajo como sea posible a un flujo de 3.78 m³ por minuto. Cuando la cisterna se descargue por efecto de la gravedad, la caída de presión a través del adaptador, debe tener el nivel más bajo posible a un caudal de 1.89 m³ por minuto.

Bajo condiciones de carga normal, cuando el acoplador se desconecta, luego de la carga, la pérdida de líquido no debe excederse en promedio de 5 centímetros cúbicos por desconexión, basado en tres desconexiones consecutivas. Además, cuando el adaptador es puesto en un plano horizontal el drenaje debe ser tan completo como sea posible luego de la descarga. El adaptador deberá contar con una manilla para abrirlo durante las operaciones de descarga, con mirilla con indicación de flujo.



Figura A.2.8 Adaptador API de carga y descarga. Adaptado de: Mechanical Petroleum Tank-Truck Parts/Products Catalog (OPW-CIVACON), 2014. Tomado de: Elaboración Propia.

7.2.3.3 Tapa para Adaptador API de Carga y Descarga

Para cada una de las válvulas API de carga y descarga en el camión cisterna se debe contar con una tapa que permita el sellado, mantener presión y protección a las superficies del acople. Su construcción debe ser de ligera, de fundición en aluminio, su diseño se recomienda que sea de tipo leva radial de manera que pueda ser instalado o removido con una sola mano. La tapa debe estar unida al adaptador y no a la cisterna por medio de un cable de acero inoxidable enchaquetado.



Figura A.7.2.9 Tapa del adaptador API de carga y descarga. Adaptado de: Mechanical Petroleum Tank-Truck Parts/Products Catalog (OPW-CIVACON), 2014. Tomado de: Elaboración Propia.

7.2.3.4 Válvula interna de emergencia

Cada compartimiento debe contar con una válvula en el fondo para llenado descarga del compartimiento. Cuando esta válvula está abierta el producto puede fluir para adentro o hacia afuera. La parte de la válvula sobresaliendo debajo del tanque estará diseñada para romperse y aun así mantener el sello en caso de colisión o vuelco de acuerdo con los requerimientos del Reglamento Técnico de Transporte Terrestre de Hidrocarburos Líquidos (excepto LPG). El asiento y el disco deben permanecer intactos internamente, así que el único líquido susceptible a de derramarse es el de la tubería. Esta podrá ser indiferentemente de operación neumática o mecánica. Se recomienda que sus sellos sean en Teflón-Silicón encapsulado. Deberá ser de montaje a conexión de sumidero estándar de 10,16 cm (4") TTMA. Deberá estar provista de un sistema de triple sello para proteger el pistón en caso de ser de acción neumática. El material de la válvula será de fundición en aluminio, no puede ser de aluminio maquinado.



Figura A.2.10 Válvula interna de emergencia. Adaptado de: Mechanical Petroleum Tank-Truck Parts/Products Catalog (OPW-CIVACON), 2014. Tomado de: Elaboración Propia.

7.2.3.5 Entrada pasa-hombre (Boca de acceso o manhole)

Cada compartimiento de la cisterna debe tener acceso a través de un manhole de por lo menos 16'' (40 cm) de diámetro, ubicado en la parte de arriba del compartimiento. La boca de acceso y/o tapas del domo deben estar diseñadas para proporcionar un cierre seguro, deben tener capacidad estructural para resistir presiones de flujo interno de 0,63 kgf/cm² (9 lbf/pulg²) sin deformación.

Se debe prever la instalación de mecanismos de seguridad para impedir la apertura completa de la boca de acceso, cuando exista presión interna. La estructura debe tener puertos para la escotilla de ventilación de 254 mm (10''), la escotilla de ventilación debe tener un set de relevo de 3,63 PSI. Adicionalmente debe prever orificios para el venteo secuencial de vapor y el sensor de protección de sobrellenado. Deberá incluir una válvula de presión-vacío de apertura reversible montada en la parte inferior.

La boca de acceso (manhole) debe estar unido a un anillo metálico soldado a la parte de arriba del tanque. La tapa estará sujeta al anillo de la abrazadera. En caso de volcadura no deberá fugar más de un litro de producto.



Figura A.2.11 Boca de acceso (manhole). Adaptado de: *Mechanical Petroleum Tank-Truck Parts/Products Catalog* (OPW-CIVACON), 2014. Tomado de: *Elaboración Propia*.

7.2.3.6 Venteos secuenciales de vapores

Para la recolección de los vapores se deben instalar dispositivos de venteo de vapores accionados por aire, ubicados en la entrada de la boca de acceso (manhole) de cada compartimiento. Cada venteo se debe conectar a una línea múltiple de recuperación vapores, sellando efectivamente los compartimientos del tanque durante el transporte.

Los dispositivos de venteo de vapores durante la carga y la descarga se abren para permitir el flujo de vapor durante el proceso. Estas válvulas de venteo deben ser operadas en conjunto con las válvulas internas de emergencia al conectar un brazo de carga al adaptador API del compartimiento correspondiente.

Las características requeridas son las siguientes:

- De construcción en aluminio fundido.
- Internos en acero inoxidable.
- Sellos de Viton®.
- Diámetro de conexión 100 mm (4") TTMA o rosca / snap-ring.
- De apertura hacia adentro.
- Doble sellos en el pistón neumático.
- Puertos de conexión neumática 1/4" NPT.
- Tornillería de acero inoxidable resistente a la corrosión.
- Rango de temperatura de -40 °C a 71 °C



Figura A.2.12 Válvulas de Venteo Secuencial de vapores. Adaptado de: Mechanical Petroleum Tank-Truck Parts/Products Catalog (OPW-CIVACON), 2014. Tomado de: Elaboración Propia

7.2.3.7 Adaptador recuperador de vapores

La línea de recuperación de vapores de la cisterna debe contar con un adaptador el cual se une al acople del brazo de carga de vapores de la terminal o rack de carga. Cuando ésta válvula está abierta, el vapor puede fluir hacia adentro o hacia afuera de la cisterna. Se recomienda que el adaptador sea de 100mm (4") de diámetro, con válvula de disco (poppet), equipada con montura para válvula piloto de tres vías (air interlock). La conexión podrá ser mediante rosca NPT o brida TTMA, cuerpo en fundición en aluminio, no debe ser fabricada en material de aluminio maquinado.

Se recomienda que el adaptador se equie con una válvula de tres vías neumática del tipo piloto, montada arriba del adaptador de manera que existe un enclavamiento mecánico de la siguiente manera: si el acople de recuperación es conectado la válvula se activa, si el acople es desconectado la válvula neumática se libera.

La señal neumática que genera esta válvula piloto debe conectarse en serie en el lazo del sistema neumático de enclavamiento de los frenos, estas válvulas deben estar conectadas en serie de manera que la señal pueda pasar de manera secuencial.



Figura A.2.17 Adaptador recuperador de vapores. Adaptado de: Mechanical Petroleum Tank-Truck Parts/Products Catalog (OPW-CIVACON), 2014. Tomado de: Elaboración Propia

7.2.3.8 Tapa para adaptador recuperador de vapores

Cuando el adaptador recuperador de vapores no se encuentra en uso o durante el tránsito, para su protección se debe contar con una tapa, ésta sirve para evitar el escape de vapores y evitar que el agua, el polvo y los desechos entren en el tanque. Grupo Saret recomienda realizar una codificación del color de tapa en aranjado.



Figura A.2.14 Tapa para adaptador recuperador de vapores. Adaptado de: Mechanical Petroleum Tank-Truck Parts/Products Catalog (OPW-CIVACON), 2014. Tomado de: Elaboración Propia.

7.2.3.9 Válvulas piloto de tres vías

Todas las válvulas piloto para el bloqueo de aire que se instala en los adaptadores de carga y recuperación de vapor se recomienda que sean de tres vías, con cuerpo de aluminio niquelado resistente a la corrosión para montaje universal en adaptadores API. Deben contar con cabeza en arco para completar el enclavamiento una vez conectados los acoples a los adaptadores. Grupo Saret recomienda para la construcción del cuerpo de la válvula sea en una sola pieza de aluminio, puertos de 1/4" NPT piloto con retorno a resorte.

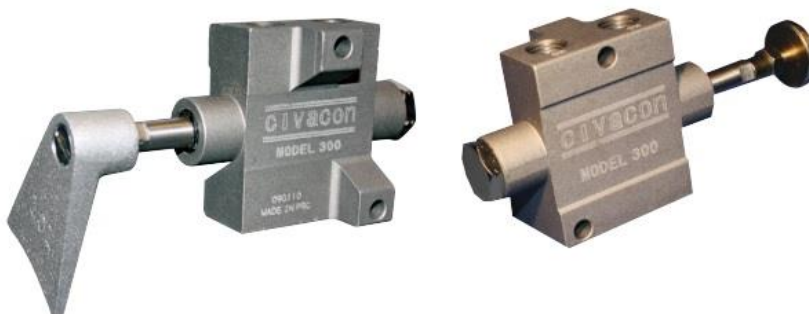


Figura A.2.15 Válvulas de tres vías tipo piloto. Adaptado de: Mechanical Petroleum Tank-Truck Parts/Products Catalog (OPW-CIVACON), 2014. Tomado de: Elaboración Propia.

7.2.3.10 Control neumático

El control neumático del cisterna es el encargado del accionamiento de las válvulas de venteo y válvulas internas de emergencia de cada compartimiento y demás funciones de permisivos y/o enclamientos.

7.2.3.11 Panel de control neumático

El panel de control neumático debe ser fabricado de acuerdo a la cantidad de compartimientos que posea la cisterna, construido en material de acero inoxidable o aluminio. El panel incorpora una válvula de 5 puertos y dos posiciones los cuales realizan la función de energizar el conjunto de bloques de control y el entrampe de la cisterna. Al energizarse el panel a través de una válvula maestra se abren los venteos secuenciales de todos los compartimientos y se activa el entrampe del freno. Además el bloque de control debe de poder abrir individualmente cada válvula interna de emergencia para las operaciones de carga y descarga.



Figura A.2.16 Panel de control neumático. Adaptado de: Mechanical Petroleum Tank-Truck Parts/Products Catalog (OPW-CIVACON), 2014. Tomado de: Elaboración Propia.

7.2.3.12 Suministro de aire

El circuito deberá operar con aire suministrado del sistema de frenos de la cisterna, el suministro de aire debe contar con válvula de protección de presión de manera que no se supla aire al panel neumático si la presión del sistema de frenos es baja o existe una fuga. El circuito debe contar con un conjunto filtro, regulador y lubricador para aire comprimido.

7.2.3.13 Tuberías para aire comprimido (Tubing) y accesorios

Las tuberías para aire comprimido (tubing) para conexión que se utilice será de 1/4" (6 mm) diámetro externo x 0.170" (4.3 mm) de diámetro interno, color negro de polietileno resistente a la radiación UV. Entre los accesorios que se deben utilizar serán los de conexión para las tuberías para aire comprimido como codos a 90° giratorios, y tes de unión. Deben existir conectores tipo codo a 90° giratorios en cada válvula de enclavamiento y en cada válvula actuada neumáticamente para la conexión del tubing (las tuberías para aire comprimido). Todo el tubing (las tuberías para aire comprimido) unirá en la estructura de la cisterna con gazas metálicas con una distancia de metro como máximo entre cada gaza.

7.2.3.14 Válvula de paro emergencia neumática

Es una válvula de seguridad que desenergiza todo el circuito en caso de emergencia igual, si existiese el panel de control, la válvula de paro de emergencia neumática debe estar conectada al panel de control en el punto previsto para esta señal neumática.

7.2.3.15 Permisivos neumáticos.

El adaptador recuperador de vapores y los acoples de carga deben contar con válvulas de tres vías que en conjunto formarán un circuito lógico para aplicar el entrampe del freno del camión. La señal de permisivo neumático debe 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, éste interruptor debe estar en contacto con el monitor a bordo. Éstos permisivos verifican las conexiones y alineamientos mecánicos de la cisterna para la carga y será detectado en la isla o rack de carga.

Para obtener la señal de permisivos neumáticos se requieren de las siguientes condiciones:

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

Las siguientes condiciones enclavaran los frenos de la cisterna:

1. Si un brazo de carga está conectado.
2. Si el brazo de recuperación de vapores está conectado.

3. Los venteos secuenciales se encuentran abiertos, eso implica que el panel neumático está energizado.

7.2.3.16 Acoples de gravedad

Estos dispositivos se utilizan para la descarga de la cisterna hacia los tanques en las estaciones de servicio o punto de entrega por gravedad, optimizan la conexión entre el adaptador de 100 mm (4") y la conexión manguera o brazo de descarga de 75 mm (3") o 100 mm (4") asegurando la descarga segura y rápida, se recomienda que el material con que estén fabricados sea de aluminio, con sellos de Buna-N.



Figura A.2.17 Acoples de gravedad. Adaptado de: Mechanical Petroleum Tank-Truck Parts/Products Catalog (OPW-CIVACON), 2014. Tomado de: Elaboración Propia.

7.3 APÉNDICE 3: PRUEBAS DE CORRELACIÓN ENTRE LA PRECIPITACIÓN SEMANAL Y LOS REGISTROS DE IRAS DEL EBAIS EL ALTO, OCHOMOGO, AMBOS PARA EL AÑO 2014.

7.3.1 Determinación de correlación para todos los registros del IRAS del año 2014.

Planteamiento de la hipótesis:

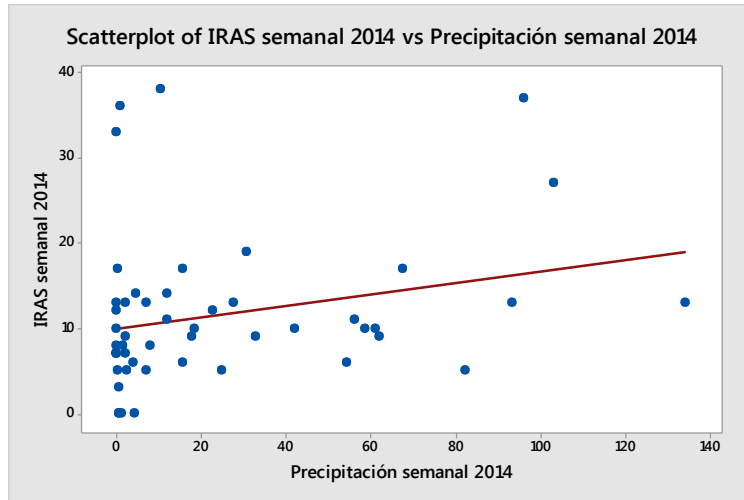
H₀: No existe correlación

H₁: Existe correlación.

Correlación: Precipitación semanal 2014; IRAS semanal 2014

Pearson correlación de la Precipitación semanal 2014 e IRAS semanal 2014 = 0,251 P-Value = 0,075.

Conclusión $p > 0,05$, por lo que se acepta la hipótesis nula, no existe correlación significativa entre las variables a un 95% de confianza.



7.3.2 Determinación de correlación para todos los registros de IRAS del año 2014 correspondientes al sexo masculino

Planteamiento de la hipótesis:

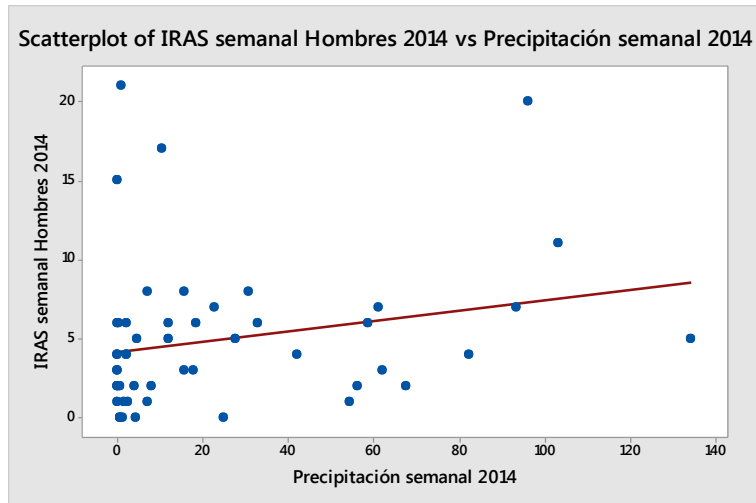
H₀: No existe correlación

H₁: Existe correlación.

Correlación: Precipitación semanal 2014; IRAS semanal Hombres 2014

Pearson correlación de Precipitación semanal 2014 e IRAS semanal Hombres 2014 = 0,229 P-Value = 0,105.

Conclusión $p > 0,05$, por lo que se acepta la hipótesis nula, no existe correlación significativa entre las variables a un 95% de confianza.



7.3.3 Determinación de correlación para todos los registros de IRAS del año 2014 correspondientes al sexo femenino

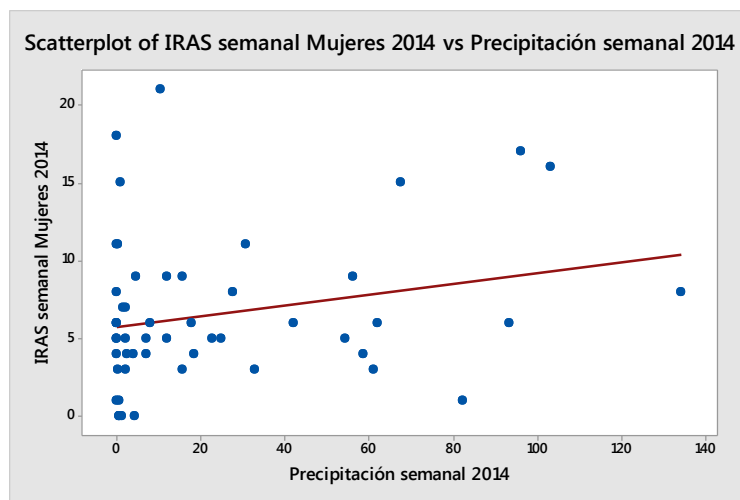
Ho: No existe correlación

H1: Existe correlación.

Correlación: Precipitación semanal 2014; IRAS semanal Mujeres 2014

Pearson correlación de Precipitación semanal 2014 e IRAS semanal Mujeres 2014 = 0,237 P-Value = 0,095

Conclusión $p > 0,05$, por lo que se acepta la hipótesis nula, no existe correlación significativa entre las variables a un 95% de confianza.



7.4 APÉNDICE 5. ALTURA Y GEORREFERENCIACIÓN REQUERIDOS PARA LA MODELACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE LOS COVS.

Cuadro A.5.7.1 Altura de los edificios de los alrededores del patio de carga.

Edificio	Altura (m)
Patio de válvulas	7,88
Bombeo	7,08
Comedor, oficinas y baños	3,5
Caseta de los guardas	2,5
Entrada y Salida de los cisternas	5,35
Oficina de la Cámara de Empresarios de Combustible	2,79
Edificio 1	3,43
Edificio 2	5,68
Cargaderos (Rack) 1,2, 3 y 4	4,31
Cargaderos (Rack) 5, 6 y 7	8,24

Cuadro A.5.7.2 Datos para la georreferenciación del lugar en estudio.

Lugar	Latitud	Longitud	Altura (m.s.n.m)
Compartimiento 1, I cisterna	9,8928	-83,9406	1475,0173
Compartimiento 3, I cisterna	9,8928	-83,9406	1474,7770
Compartimiento 4, I cisterna	9,8927	-83,9406	1572,1098
Compartimiento 2, I cisterna	9,8927	-83,9406	1571,1484
Cargadero (Rack) 5	9,8927	-83,9406	1573,0710
Cargaderos (Racks) 6 y 7	9,8927	-83,9406	1581,7229
Compartimiento 4, II cisterna	9,8927	-83,9405	1570,1872
Compartimiento 3, II cisterna	9,8928	-83,9406	1572,1098
Compartimiento 2, II cisterna	9,8928	-83,9406	1568,9855
Compartimiento 1, II cisterna	9,8928	-83,9406	1571,6291
Cargaderos (racks) 1 y 2	9,8933	-83,9407	1578,8388
Cargaderos (rack) 3 y 4	9,8933	-83,9407	1579,0791
Edificios	9,8933	-83,9408	1578,8388
Edificios	9,8933	-83,9408	1578,3581
Edificios	9,8934	-83,9408	1575,4743
Edificios	9,8933	-83,9408	1576,4355
Edificios	9,8932	-83,9409	1576,6760
Edificios	9,8932	-83,9410	1575,9550

7.5 APÉNDICE 6. DATOS OBTENIDOS DEL MUESTREO DE COVS PARA EL CÁLCULO DEL FLUJO VOLUMÉTRICO

Consideraciones: Se considera que el flujo de salida de los vapores por el ducto es el mismo flujo del líquido que los desplaza en el tanque en el momento de la carga de las gasolinas.

Condiciones ambientales:

Temperatura ambiental	24.3 °C
Humedad	73,9% RH

7.5.1 Cisterna 1:

7.5.1.1 Datos generales:

Altura de la cisterna: 2,95 m

Inicio de la carga: 9:50 a.m.

Fin de la carga: 10:37 a.m.

Compartimiento 1: Carga gasolina súper, el compartimiento tiene una capacidad de 9660 litros

Cuadro A.6.7.1 Tiempo y flujo de carga del primer compartimiento del cisterna 1

<u>Tiempo de carga (minutos)</u>	<u>Flujo de carga (l/min)</u>
1	800
2	800
3	800
4	800
5	798
6	798
7	798
8	836
9	836
10	836
11	836
12	836
13	46
Flujo volumétrico promedio	755.38
Tiempo total de carga Gasolina neta entregada (litros)	13 min 06 s
	9659

Compartimiento 2: Carga gasolina súper, el compartimiento tiene una capacidad de 8140 Litros.

Cuadro A.6.7.2 Tiempo y flujo de carga del segundo compartimiento del cisterna 1

Tiempo de carga (minutos)	Flujo de carga (l/min)
1	870
2	870
3	870
4	870
5	893
6	893
7	893
8	889
9	889
10	96
Flujo volumétrico promedio	803.3
Tiempo total de carga	10 min 20 s
Gasolina neta entregada (litros)	8141

Compartimiento 3: Carga gasolina regular, el compartimiento tiene una capacidad de 5500 litros.

Cuadro A.6.7.3 Tiempo y flujo de carga del tercer compartimiento del cisterna 1

Tiempo de carga (minutos)	Flujo de carga (l/min)
1	855
2	855
3	855
4	855
5	850
6	850
7	850
8	46
Flujo volumétrico promedio	752
Tiempo total de carga	8 min 15 s
Gasolina neta entregada (litros)	5499

Compartimiento 4. Carga gasolina regular, el compartimiento tiene una capacidad de 10790 Litros.

Cuadro A.6.7.4 Tiempo y flujo de carga del cuarto compartimiento del cisterna 1

Tiempo de carga (minutos)	Flujo de carga (l/min)
1	720
2	720
3	720
4	720
5	692
6	692
7	692
8	855
9	855
10	896
11	896
12	916
13	916
14	911
15	0
Flujo volumétrico promedio	746.73
Tiempo total de carga	15 min
Gasolina neta entregada (litros)	10786

Observaciones del muestreo:

- Se tarda en colocar el cisterna en posición de carga aproximadamente 4 minutos, los cuales se mantuvo las bocas de acceso (manhole) abiertos, por lo que se presume existió una pérdida importante de vapores de la gasolina residual que el cisterna puede poseer.
- Las tapas utilizadas para cerrar los manhole y conducir los vapores, se movieron en el momento de la carga, ya que no poseía un orrín y esto hacían que fuesen más susceptibles la movimiento, y se escaparan los vapores, por lo que en el conducto inferior de escape que posee el camión los vapores no estaban llegando de la manera correcta, por lo que la bomba que se utilizó para el muestreo no logró obtener COV's en la cantidad requerida, esto lo muestran los resultados de laboratorio.

7.5.2 Cisterna 2:

7.5.2.1 Datos generales

Altura de la cisterna: 2,95 m

Inicio de la carga: 12:26 p.m.

Fin de la carga: 01:08 p.m.

Compartimiento 1: Carga gasolina súper, el compartimiento tiene una capacidad de 10780 Litros.

Cuadro A.6.7.5 Tiempo y flujo de carga del primer compartimiento del cisterna 2

Tiempo de carga (minutos)	Flujo de carga (l/min)
1	829
2	829
3	829
4	829
5	823
6	823
7	823
8	823
9	823
10	809
11	809
12	801
13	801
14	110
Flujo volumétrico promedio	768.64
Tiempo total de carga	14 min 02 s
Gasolina neta entregada (litros)	10778

Compartimiento 2. Carga diésel, el compartimiento tiene una capacidad de 4730 Litros.

Cuadro A.6.7.6 Tiempo y flujo de carga del segundo compartimiento del cisterna 2

Tiempo de carga (minutos)	Flujo de carga (l/min)
1	1251
2	1251
3	1251
4	1301
Flujo volumétrico promedio	1263.5
Tiempo total de carga	4 min 54 s
Gasolina neta entregada (litros)	4729

Compartimiento 3. Carga diésel, el compartimiento tiene una capacidad de 7760 Litros.

Cuadro A.6.7.7 Tiempo y flujo de carga del tercer compartimiento del cisterna 2

Tiempo de carga (minutos)	Flujo de carga (l/min)
1	1291
2	1291
3	1291
4	1291
5	1110
6	1110
7	1110
8	91
Flujo volumétrico promedio	855.25
Tiempo total de carga	8 min 04 s
Gasolina neta entregada (litros)	7760

Compartimiento 4: Carga gasolina regular, el compartimiento tiene una capacidad de 10780 Litros.

Cuadro A.6.7.8 Tiempo y flujo de carga del cuarto compartimiento del cisterna 2

Tiempo de carga (minutos)	Flujo de carga (l/min)
1	871
2	871
3	871
4	871
5	703
6	703
7	703
8	676
9	676
10	709
11	709
12	709
13	843
14	843
15	152
Flujo volumétrico promedio	727.33
Tiempo total de carga	15 min 29 s
Gasolina neta entregada (litros)	10777

Observaciones del muestreo

- Para éste cisterna es el segundo viaje, anteriormente había cargado solamente gasolina.

7.6 APÉNDICE 7. CONSIDERACIONES REALIZADAS PARA REALIZAR LA MODELACIÓN DE LAS LÍNEAS DE DISPERSIÓN DE LOS COVS.

7.6.1 AERMET

1. Los valores que solicita el programa AERMET ingresar en el sistema para los cálculos respectivos de la modelación, se han suministrado por parte de IMN directamente en hojas de Excel:
 - Precipitación horaria
 - Radiación
 - Humedad
 - Dirección del viento
 - Velocidad del viento
 - Temperatura
2. Con respecto a la cobertura opaca de nubes, el cual es uno de los datos meteorológicos mínimos y más importantes para realizar la modelación (según lo indica el programa AERMOD), el IMN no posee registros, por lo que se procede a utilizar una estimación utilizando el pronóstico del tiempo de las nubes para cada uno de los días del año 2014, para el Valle Central.

Se consultó al meteorólogo Eladio Solano, el cual indica que el pronóstico de las nubes se asigna un valor de octa, la cual *es una de las 8 partes equivalentes en que se divide el cielo al realizar una observación para pronosticar la cantidad de nubes. Esa sería la forma de cuantificarlo*, según la siguiente tabla.

Cuadro A.6.7.9 Octas en las que se divide el cielo

Número de octas (N)=0	Condición del cielo Despejado o soleado
$1/8 \leq N \leq 2/8$	Pocas nubes o poca nubosidad
$3/8 \leq N \leq 4/8$	Parcialmente nublado o nubosidad parcial
$5/8 \leq N \leq 7/8$	Mayormente nublado
N=8	Nublado

Con esto se logra asignar un valor aproximado de la nubosidad, para el año 2014.

3. Se debe ajusta la hora de la toma de los datos según el meridiano a las -6 horas ya que corresponde a América Central.
4. La altura del anemómetro es de 10 metros, según lo proporcionado por el IMN
5. Los sectores alrededor de la estación meteorológica, se determinan dos. Uno urbano y el otro un bosque de coníferas que es lo más cercano a la plantación que se encuentra a los alrededores de la estación, con una condición del tiempo húmeda, considerando que la humedad relativa de nuestro país es mayor que en Estados Unidos, datos a los cuales pertenece el programa.
6. Además, como consideración a las temperaturas similares en el verano de Cartago y la primavera en Estados Unidos y en el invierno de Cartago y el otoño de Estados Unidos, se utilizarán estas estaciones para los valores de albedo, razón de Bowen y rugosidad, y no los datos de invierno ni de verano por sus temperaturas extremas.

7.6.2 AERMAP

Se utilizaron los datos proporcionados por el ArcMap, en la página de internet www.webgis.com, la cual posee mapas digitales para todas partes del mundo.

7.6.3 AERMOD

1. Debido a que se quiere conocer el comportamiento de los COV's más allá del patio de carga de los cisternas, se eligen las coordenadas geográficas del puesto dos como centro del área de modelación.
2. Se considera un área de estudio de inicialmente de 1 km a la redonda, ya que en éste rango se abarcan las poblaciones más cercanas al patio de carga, así como el resto del plantel, sin embargo debido a que se observa en los resultados que la extensión de los vapores se ve interrumpida se decide modelar a 3 km a la redonda, de la misma manera se interrumpe la pluma por lo que finalmente se modela a 5 km a la redonda, logrando así poder observar por completo la extensión de la pluma.
3. Con la herramienta de Google Earth se realizan los mapas base y se importan al espacio de modelación.
4. Se dibujan en el área de modelación los edificios alrededor del patio de carga, se corre el BPIP (cálculo de arrastre por edificios).
5. En el control Pathway, se quiere modelar concentración de los COVS y no de cualquier otro contaminante que se encuentre por default.

6. Se trabajará en un terreno elevado, y el coeficiente de dispersión de elije urbano, debido al siguiente criterio:

Procedimiento del Uso de Suelo: Dibuje un círculo de 3 Km de diámetro, A0, alrededor de la fuente:

- a) Si la construcción de naves industriales, residencial o de transporte aplica para el 50% o más de A0, seleccione la opción urbana
- b) En cualquier otro caso use la opción rural

7. El tiempo promedio es el período en el cual se van a promediar los resultados para comparar contra normas o criterios ambientales. Al no tener normas ambientales específicos para la emisión de COVS se tomará como tiempo promedio 8 horas por ser la jornada laboral a la que permanecen expuestos los trabajadores de las islas de carga según sus turnos de trabajo.

8. Modelación de COV's

Para las fuentes de emisión de los COVS se trabajará con la emisión de los vapores de la gasolina súper, regular y diésel de la carga del cisterna #2, las cuales tienen las siguientes características:

- El patio de carga tiene un horario de trabajo lunes y sábado de las 7 a las 17 horas y de martes a viernes de las 7 a las 19 horas, en dos turnos, uno de las 7 a las 15 horas y otro de las 11 a las 19 horas.
- Las fuentes de emisión se colocaron 3 en cada una de las islas de carga o racks, se asume que no se tiene techo sobre las cisternas, por lo que serían emisiones de fuentes puntuales.
- Se pretende modelar el peor escenario posible realizando la carga simultánea de los compartimientos más grandes que posee el cisterna con gasolinas (capacidad de 10780 litros), y un tercer compartimiento de diésel (capacidad 7760 litros) , con los datos del camión cisterna número 2.
- Se agruparon las fuentes de emisión según el escenario de mes, hora y día contemplando los horarios de trabajo de carga de las cisternas. Los valores de factores se utilizaron 0 cuando el patio no está trabajando y 1 cuando el patio está abierto, por lo que se considera con esto el peor escenario ya que se presenta un flujo constante de emisión desde el inicio de la jornada. No obstante se conoce que no todo el día los cargaderos (racks) están en funcionamiento en jornada normal de trabajo, sin embargo se pretende modelar el peor

escenario, por ejemplo un día anterior al aumento o un día posterior a la disminución de los precios del combustible.

Se pretende siempre modelar el peor escenario y se asume que en todas las islas de carga o racks esa es la venta que se hace en las 8 u 12 horas de servicio del patio de carga, se asume que el volumen de vapor desplazado es el mismo volumen de líquido cargado en el compartimento, por lo que se utilizan los siguientes datos:

Cálculo de la masa molar de la mezcla de los vapores de hidrocarburos, según los resultados del muestreo:

T: 298 K
 P: 660 mmHg
 MM= g/mol
 mol= g/MM

PV= nRT

$$n_{O_2} = \frac{\frac{660 \text{ atm}}{760 \text{ atm}} * \left(\frac{17,7}{1000}\right) L}{0,0821 \frac{L \text{ atm}}{K \text{ mol}} * 298 \text{ K}} = 6,28x 10^{-4} \text{ mol } O_2$$

$$n_{N_2} = \frac{\frac{660 \text{ atm}}{760 \text{ atm}} * \left(\frac{63,6}{1000}\right) L}{0,0821 \frac{L \text{ atm}}{K \text{ mol}} * 298 \text{ K}} = 2,26x 10^{-3} \text{ mol } N_2$$

$$V_{\text{Hidrocarburos}} = 100 - 63,6 - 17,7 = 18,7 \text{ ml}$$

$$n_{\text{gases}} = \frac{\frac{660 \text{ atm}}{760 \text{ atm}} * \left(\frac{18,7}{1000}\right) L}{0,0821 \frac{L \text{ atm}}{K \text{ mol}} * 298 \text{ K}} = 6,64x 10^{-4} \text{ mol Hidrocarburos}$$

Concentración de hidrocarburos= $6,64x10^{-4}$ mol / 100 ml de muestra

$$MM_{\text{muestra}} = \frac{32}{100} * (17,7) + \frac{28}{100} (63,6) + \frac{X}{100} (0,187)$$

$$MM_{\text{mezcla de hidrocarburos}} = X = \frac{28,84 - 5,664 - 17,81}{0,187}$$

$$MM_{\text{mezcla de hidrocarburos}} = 28,7 \text{ g/mol}$$

Gasolina súper, manhole 1, capacidad de 10780 litros:

- Diámetro de salida 0,20 m
- Concentración de salida 2,44 g/s
- Flujo volumétrico 0,013 m³/s
- Temperatura de salida ambiente

Cálculo de la concentración de salida de los vapores:

Tiempo de carga 842 segundos.

Litros cargados: 10 778

Concentración de salida:

$$\frac{6,64 \times 10^{-4} \text{ mol}}{100 \text{ mL muestra}} * \frac{28,7 \text{ g}}{\text{mol}} * \frac{10778 \times 10^3 \text{ mL}}{842 \text{ s}} = 2,44 \text{ g/s}$$

Flujo volumétrico:

$$\frac{769,85714 \text{ L}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0,013 \text{ m}^3/\text{s}$$

El flujo volumétrico utilizado es el promedio de los flujos presentes en el momento de la carga, ya que no se cuenta con un flujo fijo.

Diésel manhole 3, capacidad de 7760 litros:

- Diámetro de salida 0,20 m
- Concentración de salida 3,0554 g/s
- Flujo volumétrico 0,02 m³/s
- Temperatura de salida ambiente

Cálculo de la concentración de salida de los vapores:

Tiempo de carga 484 segundos.

Litros cargados: 7 760

Concentración de salida:

$$\frac{6,64 \times 10^{-4} \text{ mol}}{100 \text{ mL muestra}} * \frac{28,7 \text{ g}}{\text{mol}} * \frac{7760 \times 10^3 \text{ mL}}{484 \text{ s}} = 3,0554 \text{ g/s}$$

Flujo volumétrico:

$$\frac{970 \text{ L}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$$

El flujo volumétrico utilizado es el promedio de los flujos presentes en el momento de la carga, ya que no se cuenta con un flujo fijo.

Gasolina regular, manhole 4, capacidad de 10 780 litros:

- Diámetro de salida 0,20 m
- Concentración de salida 2,21 g/s
- Flujo volumétrico 0,0115 m³/s

Cálculo de la concentración de salida de los vapores:

Tiempo de carga 842 segundos.

Litros cargados: 10 778

Concentración de salida:

$$\frac{6,64 \times 10^{-4} \text{ mol}}{100 \text{ mL muestra}} * \frac{28,7 \text{ g}}{\text{mol}} * \frac{10777 \times 10^3 \text{ mL}}{929 \text{ s}} = 2,21 \text{ g/s}$$

Flujo volumétrico:

$$\frac{695,2903226 \text{ L}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0,0115 \text{ m}^3/\text{s}$$

El flujo volumétrico utilizado es el promedio de los flujos presentes en el momento de la carga, ya que no se cuenta con un flujo fijo.

9. Se cargaron los datos de AERMET, una vez procesados, se seleccionó el periodo de tiempo que se quiere modelar, época seca o época lluviosa o el año 2014 completo.
10. Se carga y corren los datos del AERMAP.
11. Una vez completados todas las secuencias de datos se verifica y corre el AERMOD, para obtener los resultados.

8 ANEXOS

8.1 ANEXO 1. PROTOCOLOS PARA LA CARGA DE CAMIONES CISTERNA EN LOS PLANTELES DE RECOPE.

- AF-04-03-001. Instructivo para la revisión de camiones cisternas que ingresan a los planteles de RECOPE, 2007: el procedimiento está a cargo de los oficiales de seguridad de los planteles, los cuales estén en los puestos de entrada y salida de los camiones cisterna, ellos serán los encargados de autorizar o rechazar la entrada a los transportistas por el no cumplimiento de alguna norma, así como de verificar en la salida la correcta colocación de los marchamos otorgados por RECOPE.
- DN-25-03-018. Instructivo de facturación en planteles, 2010: éste procedimiento está a cargo del departamento de facturación en el caso del plantel El Alto, cuyo propósito es autorizar la salida de los hidrocarburos para su venta o donación. El procedimiento tiene como productos tres documentos: Instrucción de carga (el cual debe ser entregado a los operarios de las islas de carga o racks), formulario de entrega del combustible y factura de venta.
- DN-02-03-001. Revisión de camiones cisterna en cargaderos, 2009: éste procedimiento está a cargo de los operarios de distribución realizar la revisión, del inspector de patio la correcta aplicación del instructivo y del supervisor de plantel coordinar las acciones para la correcta aplicación del instructivo, el cual tiene como propósito verificar la capacidad e idoneidad del camión cisterna para cargar y transportar el combustible solicitado minimizando la posibilidad de alteración de la calidad del producto.
- DN-02-03-003. Carga de producto limpio, 2009: este documento tiene como propósito establecer el procedimiento para carga del producto limpio en los planteles de distribución, acatando los lineamientos administrativos, operativos y de seguridad establecidos por la empresa, debe ser ejecutado por los operarios de distribución los cuales deben realizar la carga de producto limpio de acuerdo con este instructivo, los inspectores de patio deben verificar el cumplimiento de los lineamientos estipulados y el supervisor del plantel debe fiscalizar el cumplimiento del mismo. En éste instructivo se describen todos los lineamientos para el tipo de carga que se realiza en

RECOPE, el cual es caña sumergida, con equipos automatizados, para contabilizar la cantidad de producto dispensado.

- DN-02-03-004. Muestreo de camiones cisterna de producto limpio, 2009, DN-02-06-002, Documento para el drenado de Camiones Cisterna, 2003: este muestreo tiene como objetivo controlar la calidad del producto que se entrega en los cargaderos y se evalúa su conformidad con las normas de calidad vigentes, lo deben realizar los operarios de distribución a los primeros 10 camiones cisterna que carguen cada tipo de producto limpio en los planteles de distribución de RECOPE, cuando se realice un cambio de tanque de almacenamiento para las ventas durante la jornada o por cualquier otra circunstancia que el supervisor de plantel considere necesario, el control de éste muestreo se maneja según la plantilla del documento DN-02-06-002.
- DN-02-02-001. Producto no conforme, 2009: este procedimiento se aplica siempre que se detecte producto no conforme en planteles de distribución según el muestreo de cisternas descrito anteriormente, es responsabilidad del operario detectar y reportar el producto no conforme, así como el inspector de patio deberá velar por el estricto cumplimiento de este instructivo y de la normativa de control de calidad atinente al área de trabajo bajo su supervisión y el supervisor de plantel deberá mantener un archivo con la documentación sobre cada caso y dar seguimiento hasta cerrar la no conformidad.

8.2 ANEXO 2. MAPA DE LA PLANTA GENERAL EL ALTO.



Figura A.2.1 Mapa de la planta general El Alto, Ochomogo, versión 2013. Fuente: RECOPE, 2015