

# Estudio Exploratorio sobre Exposición Inhalatoria a Benceno en catorce Estaciones de Servicio dentro de las Provincias del Valle Central de Costa Rica

Investigadoras:  
N. Godinez; S. Hidalgo; L. Medina

---

## Resumen

El objetivo principal del estudio fue determinar la exposición ocupacional de pisteros a benceno en gasolineras del Valle Central de Costa Rica y comparar los resultados obtenidos con los límites de exposición sugeridos por el Instituto de Normas Técnicas (INTE 31-08-04-01). La investigación fue de tipo exploratorio de corte transversal. La población en estudio estuvo constituida por 14 estaciones de servicio. Se recolectaron un total de 27 muestras en tubos de carbón activo y se analizaron mediante cromatografía gaseosa (FID). Las muestras fueron tomadas en la zona respiratoria de los trabajadores seleccionados. Se analizaron los determinantes de exposición: velocidad y dirección del viento, actividades realizadas por pisteros adicionales al dispensado de combustible y el tipo de combustible, para lo cual se utilizaron pruebas estadísticas de variables dicotómicas y regresiones lineales. Se encontró que en el 100% de las estaciones la exposición ocupacional a benceno se encontraba por debajo del límite (TLV-TWA =  $1,59 \text{ mg/m}^3$ ); sin embargo, en el 43% de ellas se sobrepasó el nivel de acción ( $NA=TLV-TWA/2$ ). Para el análisis de todos los servicentros, se reportó una media geométrica y desviación estándar geométrica de  $0,72 (1,30) \text{ mg/m}^3$ . Se pudieron establecer como determinantes de exposición: la velocidad del viento, la distancia horizontal de la infraestructura con respecto a las islas, la posición del trabajador con respecto a la dirección del viento y el tipo de combustible vendido.

**Palabras claves:** exposición ocupacional, benceno, estaciones de servicio, higiene industrial

## 1. Introducción

En los últimos años, Costa Rica ha experimentado un incremento en el consumo de combustibles fósiles, así como en el número de negocios dedicados al expendio de ellos. En el año 2002, las estaciones de servicio compraron un 78,7% del volumen de combustible distribuido por la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE) y en el 2005 la cifra aumentó al 80,4%. Este hecho se debe al incremento en la flota vehicular durante este periodo, ya que en el 2002 tuvo un crecimiento porcentual, con respecto al año anterior, de 3,8%, y para el 2005 aumentó a 6,5% (Autoridad Reguladora de Servicios Públicos –ARESEP-, 2006; Estado de la Nación, 2006). El número de servicentros aumentó de 320 en el 2002 a 334 en el 2007, y la mayoría se encuentran concentrados en el Valle Central (San José, Alajuela, Cartago y Heredia) (RECOPE, 2007 (a)).

Ligado a este aumento de estaciones de servicio, se ha visto una tendencia al incremento de la población laboral que se desarrolla dentro de este sector. Según las estadísticas del Instituto Nacional de Seguros (INS), el número de trabajadores asegurados en la actividad “Venta al por menor de combustible” era de 303 personas en el 2005 y aumentó a 700 en el 2006 (INS, 2006).

La distribución de combustible a granel en Costa Rica está a cargo de la Refinadora Costarricense de Petróleo, y dentro de los principales productos distribuidos a los servicentros se encuentran: gasolina súper, gasolina regular y diesel (ARESEP, 2005).

Dentro de los compuestos aromáticos que presenta la gasolina en Costa Rica, el benceno se encuentra en un rango de 0,6-2.0% volumen/volumen, donde las gasolinas, regular y súper reportan mayor porcentaje de este contaminante en comparación con el diesel (RECOPE, 2007 (b)). La peligrosidad de este componente obedece a que es

un agente cancerígeno comprobado en seres humanos, según la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés). La exposición inhalatoria de mezclas comerciales que lo contienen puede causar daños en el sistema hematopoyético (McMichael, 1988).

Según investigaciones de la Administración de la Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés), las alteraciones que genera el benceno se han presentado en concentraciones donde los evaluados no han tenido molestias previas, ni efectos sensoriales a nivel del Sistema Nervioso Central (SNC). Dentro de las principales alteraciones que se han encontrado se pueden mencionar: anemia plástica, afección en la función del SNC, edema pulmonar, hemorragia del tejido pulmonar y alteraciones citogenéticas en las células que produce la médula espinal, lo cual provoca que las células sean susceptibles al desarrollo del síndrome mielodiplásico secundario (también conocido como preleucemia o leucemia latente) y de la leucemia mellitus aguda (Bayliss *et al*, 1997; Caprino y Togna, 1998; Mehلمان, 2002; OSHA, 2004; Stillman *et al*, 2000).

Específicamente, dentro de las estaciones de servicio, investigaciones han encontrado afecciones similares, adicionando algunos efectos como daños crónicos en riñón, disminución de las capacidades motoras y de la capacidad de restauración del ADN (Panida *et al*, 2005; Pranjic *et al*, 2003).

Comparaciones entre la exposición dentro de estos establecimientos y la de otros tipos de trabajo, tales como oficiales de policía y vendedores ambulantes, han demostrado que en el primer caso los trabajadores se exponen a concentraciones mayores que en las demás ocupaciones (Romieu *et al*, 1999) y estas concentraciones pueden ser dos o tres veces más elevadas que en otras formas de trabajo (Bahrami *et al*, 2007).

Dentro de los factores que pueden influir en la exposición a benceno en

este tipo de trabajos se han estudiado variables relacionadas con transporte, llenado de los tanques subterráneos y vehiculares, vapores que se desplazan por medio de tuberías, derrames de la gasolina durante el llenado de los tanques subterráneos, pérdida de los vapores mediante los tanques de ventilación subterráneo, emisiones que provienen de los motores de los vehículos, las prácticas particulares de los trabajadores, el tiempo de dispensado, el volumen dispensado de gasolina durante la jornada laboral y la velocidad del viento (Hartle *et al*, 1993; Kovein y Cook, 1995; Lauwerys, 1983; Periago y Prado, 2005).

En Costa Rica no se han publicado estudios enfocados en el análisis de la exposición ocupacional de pisteros a benceno durante el dispensado de combustibles. Sin embargo, ésta es una condición que requiere atención para poder prevenir efectos adversos a corto, mediano o largo plazo.

Considerando lo anterior, se realizó un estudio exploratorio para analizar la exposición ocupacional a benceno en pisteros del Valle Central y comparar los resultados obtenidos con los criterios sugeridos por el Instituto de Normas Técnicas (INTE 31-08-04-01).

## **2. Materiales y Métodos**

El presente estudio es de tipo exploratorio de corte transversal.

### *Documentación de la observación*

Se diseñó una encuesta higiénica para recopilar las particularidades de cada uno de los establecimientos evaluados y se crearon bitácoras donde se registraron condiciones atmosféricas y actividades laborales propias de los trabajadores e información de los alrededores del establecimiento.

### *Muestreo*

Se utilizaron bombas de alto caudal marca MSA, modelo Escort ELF, con puertos Gemini marca MSA para bajo caudal, tubos de carbón activo de 150mg marca SKC como medio de captación y un anemómetro marca Extech.

Se tomaron muestras personales de periodo parcial (más del 70% de la jornada laboral).

Se seleccionaron 14 estaciones de servicio ubicadas en el Valle Central, y en cada una se tomaron dos muestras en diferentes trabajadores.

Los caudales promedio de muestreo fueron corregidos por variaciones en la presión y la temperatura con respecto a las condiciones de calibración; así como por las asociadas al uso del calibrador de flujo secundario en condiciones de campo.

El análisis de las muestras se realizó por medio de cromatografía de gases (FID) siguiendo el protocolo del Laboratorio de Higiene Analítica LHA-PA-003, basado en el método analítico propuesto por NIOSH número 1501.

### *Análisis estadístico*

Se utilizó la prueba Shapiro-Wilk con la finalidad de conocer la distribución de los datos. En los casos donde se trabajó el promedio particular de cada gasolinera, se utilizó una distribución normal.

Se calcularon los parámetros de tendencia central para el total de las muestras (ajustado por el tipo de distribución) y se comparó contra el criterio sugerido por la normativa nacional INTE 31-08-04-01 con el fin de conocer la situación de cumplimiento de los establecimientos.

En los casos donde fue necesario, se corrigió el TLV-TWA (LEO) por jornada laboral diaria.

Para el análisis de los determinantes de exposición: velocidad del viento y cantidad de combustible vendido, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. La posición

del trabajador con respecto a la dirección del viento y el tipo de combustible vendido (gasolina o diesel), se analizaron en tablas de contingencia 2x2 mediante la prueba exacta de Fisher. Ambas pruebas se realizaron con un 95% de confianza.

También se utilizó la prueba de Odds Ratio, con tablas de contingencia 2x2, para los determinantes: movimiento de vaivén del vehículo, distancia horizontal de las islas hacia la infraestructura aledaña y la intervención de la infraestructura en la dirección del viento.

### **3. Resultados y Discusión**

#### *Situación Actual*

En el cuadro 1 se resumen las principales características de las gasolineras que integraron el estudio.

La mayoría de las estaciones evaluadas poseen más de 10 años de antigüedad (71%); además, el 100% de ellas cumplió con las siguientes normas de seguridad al momento de las visitas: trampas de aceite, extintores, arena para derrames y puesta a tierra para los camiones cisterna. El 93% contaba con botones de emergencia y planes de contingencia y evacuación.

El 85% de los establecimientos tenía un encargado en seguridad que realizaba inspecciones periódicas; aunque, únicamente el 28% de las estaciones de servicio impartía una charla acerca de los efectos fisiológicos nocivos que la gasolina y sus compuestos pueden generar al organismo humano.

Todas las estaciones de servicio dispensaban gasolina regular, súper y diesel. Para el 79% de las gasolineras, las horas de mayor afluencia vehicular se concentraban en la mañana, y en el 71% de las mismas, los días viernes.

Al contratar personal, el 93% de las estaciones de servicio lo prefería sin experiencia laboral en el campo, debido a que así se acoplaban mejor a las reglas particulares de trabajo; se

encontró que sólo en una gasolinera laboraban mujeres como pisteros.

El 71% de los pisteros realizaban funciones de cajeros dentro de las islas. Todos desempeñaban funciones como limpiar parabrisas, revisar el aceite, el agua del motor y la presión de las llantas, esto según especificaciones de los clientes. En el 14% de las estaciones de servicio los pisteros realizaban actividades dentro de lubricentros, arreglo de llantas o lavado de vehículos.

**Cuadro 1.** Principales características de las estaciones de servicio participantes en el estudio.

Gasolinera	Jornada laboral (h)	Nº de trabajadores	Personal nuevo ( $\leq 3$ meses)	Nº de islas	Vehículo mayor frecuencia	FLTS <sup>a</sup>	FVCM <sup>b</sup>
A	8	12	1	3	Carga	Diario	Semanal
B	12	4	1	1	Liviano	Diario	Semanal
C	8	8	1	3	Liviano	Diario	Semanal
D	8	18	1	3	Liviano	Diario	Quincenal
E	8	8	1	2	Liviano	2 veces semana	Semanal
F	8	10	1	3	Liviano	L, M, S	Semanal
G	8	17	1	2	Liviano	Diario	2 veces semana
H	8	9	1	1	Liviano	L, M, V, S	Semanal
I	8	4	1	1	Liviano	Diario	2 veces semana
J	8	6	2	3	Liviano	L, M, V	Quincenal
K	8	10	1	4 <sup>c</sup>	Liviano	Diario	Quincenal
L	12	6	1	2	Liviano y Pesado	Diario	Semanal
M	8	14	1	3	Liviano, Carga y Pesado	Diario	Quincenal
N	8	17	1	3 <sup>d</sup>	Liviano	Diario	Quincenal

Fuente: Datos recopilados con Encuestas Higiénicas, 2008

<sup>a</sup> FLTS: frecuencia de llenado del tanque subterráneo.<sup>b</sup> FVCM: frecuencia de verificación de la calibración de las máquinas.<sup>c</sup> Las islas estaban separadas en dos grupos, con dos de ellas en cada uno.<sup>d</sup> Una de las islas se encontraba sola en un plano superior.

El llenado del tanque subterráneo y la verificación de la calibración eran realizados por personal administrativo en el 87% de los servicentros; aún así, algunos pisteros eran capacitados para realizar estas labores en casos excepcionales.

#### *Análisis de Cumplimiento*

En el cuadro 2 se muestran las concentraciones de benceno de cada una de las muestras recolectadas en los diferentes establecimientos evaluados; así como su respectivo promedio, límites de confianza y el coeficiente de variación.

Se observa que el coeficiente de variación fue menor al 20% en todos los casos, exceptuando a las correspondientes a los servicentros E y K. Para ellos se reportó que con las muestras 8 y 21 se dispensó mayor cantidad de combustible y se atendieron más vehículos, que con las muestras 9 y 20, respectivamente. Esto pudo haber afectado la diferencia entre las concentraciones de benceno reportadas, y, por ende, en el coeficiente de variación.

Además, en la gasolinera E, el trabajador de la muestra 8 estuvo en contra de la dirección del viento con mayor frecuencia, mientras que se dio lo contrario con la 9.

Es importante recalcar que en las estaciones B y L se trabajó con un cajero-pistero y un pistero, y a pesar de tener diferentes funciones dentro de la isla, las concentraciones reportadas tuvieron un bajo coeficiente de variación ( $CV < 1,7\%$ ).

En los establecimientos B y L los trabajadores muestreados se alejaban constantemente de las islas cuando no estaban realizando el dispensado, por lo que tenían menor influencia del llenado de los tanques de combustible de vehículos realizado en los alrededores. Este hecho pudo influir en que fueran los establecimientos con las concentraciones más bajas reportadas.

Para la muestra 22 de la gasolinera L, se reportó el menor número de vehículos dispensados y fue la penúltima en venta de combustible.

Las gasolineras A, L y M atendían más vehículos pesados, como se muestra en el cuadro 1. En ellas, se encontraron concentraciones inferiores al nivel de acción (NA), lo que pudo deberse a que ese tipo de vehículos utilizan diesel como combustible.

La mayor venta de diesel en las gasolineras L y M puede explicar la poca variación en las concentraciones de benceno entre las muestras 22 y 23 y entre las 24 y 25 pues, a pesar de que con las muestras 23 y 24 se vendieron cerca de 400 litros más de combustible que con la 22 y 25, la diferencia en concentraciones de benceno entre ellas fue de  $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ .

Otro aspecto a considerar fue la antigüedad de los trabajadores. En los establecimientos D, E, F, K, L y N se encontró que las muestras 6, 8, 11, 21, 23 y 27 pertenecían a trabajadores con 3 meses o menos de laborar en el área; esto pudo influir en que fueran las que presentaron la mayor concentración de benceno con respecto a su par, por cada estación de servicio. En las demás estaciones no se pudo establecer esta relación porque ambas muestras fueron recolectadas con trabajadores con más de 3 meses de laborar.

**Cuadro 2.** Medidas de tendencia central para las concentraciones de benceno obtenidas en mg/m<sup>3</sup>.

Gasolinera	N° Muestra	Concentración benceno (mg/m <sup>3</sup> )	Promedio y desviación estándar de benceno (mg/m <sup>3</sup> )	Límites de confianza <sup>e</sup>	CV <sup>f</sup> (%)
A <sup>g</sup>	1	0,64	---	---	---
B	2	0,50	0,50 (0,00)	[0,50-0,50]	0,00
	3	0,50			
C	4	0,68	0,63 (0,07)	[0,55-0,72]	11,23
	5	0,58			
D	6	0,69	0,66 (0,05)	[0,60-0,72]	7,56
	7	0,62			
E	8	0,9	0,74 (0,2)	[0,52-0,96]	25,98
	9	0,60			
F	10	0,8	0,85 (0,07)	[0,75-0,90]	7,72
	11	0,9			
G	12	0,9	1,0 (0,1)	[0,82-1,15]	14,43
	13	1,1			
H	14	0,54	0,57 (0,04)	[0,53-0,61]	6,26
	15	0,59			
I	16	0,74	0,80 (0,1)	[0,71-0,90]	10,61
	17	0,9			
J	18	1,0	1,09 (0,1)	[0,93-1,26]	12,98
	19	1,2			
K	20	0,62	0,75 (0,2)	[0,54-0,96]	23,73
	21	0,9			
L	22	0,42	0,43 (0,007)	[0,42-0,44]	1,67
	23	0,43			
M	24	0,71	0,71 (0,007)	[0,70-0,72]	1,01
	25	0,70			
N	26	0,64	0,68 (0,06)	[0,62-0,75]	8,32
	27	0,72			

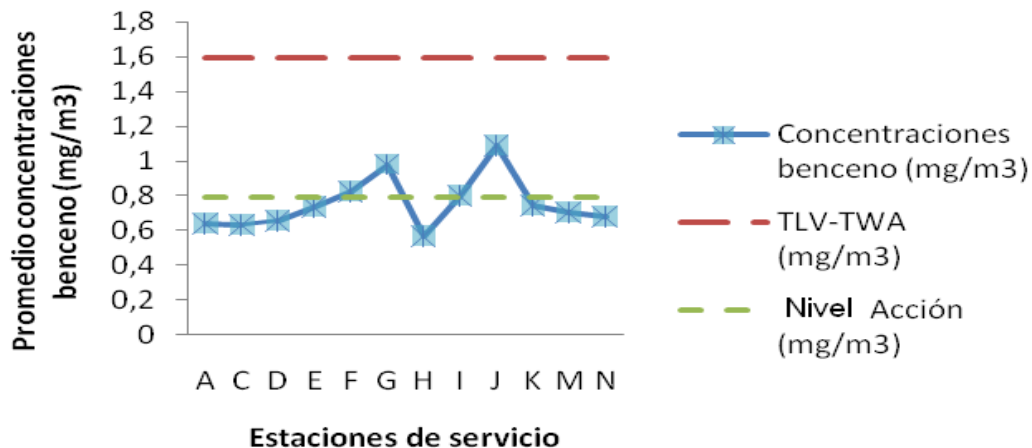
Fuente: Resultados reportados por el laboratorio de Higiene Analítica del ITCR, 2008.

<sup>e</sup> Se trabaja con un 95% de confianza.

<sup>f</sup> CV= Coeficiente de Variación

<sup>g</sup> La estación de servicio A no posee promedio, desviación estándar, límites de confianza ni coeficiente de variación, debido a que sólo se tomó una muestra durante la evaluación.

**Gráfico 1.** Concentraciones promedio de benceno, por estación de servicio, comparadas con el TLV-TWA de benceno y su nivel de acción.



Fuente: Resultados reportados por el Laboratorio de Higiene Analítica del ITCR, 2008.

Con respecto al número de islas por estación de servicio, se encontró que los establecimientos B y H poseían solamente una. Esto pudo influir en que las concentraciones obtenidas fueran bajas. Para los servicentros que presentaron un mayor número de islas, no se pudo encontrar relación con las concentraciones de benceno.

En el gráfico 1 se muestra la comparación entre los promedios de concentración de benceno por gasolinera y el límite de exposición ocupacional para este contaminante. Del mismo se excluyeron los establecimientos B y L, debido a que éstos laboran jornadas de 12 horas, por lo que fue necesario aplicar la corrección propuesta por Brief y Scala (Perkins, 2008) al TLV-TWA, obteniéndose un LEO de 0,79 mg/m<sup>3</sup>.

Las gasolineras F, G, I, J se encontraron por encima del nivel de acción para benceno. Esta característica también la presentaron las estaciones de servicio B y L (NA= 0,39mg/m<sup>3</sup>).

En la gasolinera J se reportó la mayor cantidad de combustible vendido, de automóviles dispensados y de trabajadores posicionados en contra de la dirección del viento; hechos que pudieron influir en que fuera el establecimiento con la concentración promedio de benceno más alta.

El servicentro G fue el segundo en frecuencia de trabajadores en contra de la dirección del viento y el tercero en mayor dispensado de vehículos.

En la estación de servicio F (muestra 11) se produjeron derrames frecuentes a la hora de manejar la manguera de las máquinas dispensadoras, hecho que pudo influir en que esta muestra fuera superior a la de su par y que el promedio diera por encima del nivel de acción.

En la estación de servicio I, la máquina con la cual trabajaban, presentó una fuga en la manguera. Además, el trabajador de la muestra 17 realizó el llenado de los tanques subterráneos, donde verificó el nivel de los mismos y destapó los respiraderos del cisterna. La fuga y la actividad realizada, pudieron haber influido en que se superara el nivel de acción, aunque ambas muestras (17 y 18) además se encontraron entre las de menor cantidad de combustible vendido, de dispensado a vehículos y pertenecían a gasolineras que poseían sólo una isla.

Para el análisis de todas las muestras recolectadas en las estaciones de servicio, se tiene que éstas siguieron una distribución lognormal, según la prueba de Shapiro-Wilk, con un 95% de confianza. En el cuadro 3 se observan los resultados de las tendencias centrales.

**Cuadro 3.** Medidas de tendencia central de las concentraciones de benceno obtenidas.

Dato estadístico	Resultado
Promedio logarítmico ( $X_L$ )	-7,23
Desviación estándar logarítmica ( $S_L$ )	0,26
Estimador de máxima probabilidad (MLE) ( $mg/m^3$ )	0,74
Estimador mínima varianza (MVU) ( $mg/m^3$ )	0,75
Media geométrica (MG) ( $mg/m^3$ )	0,72
Desviación geométrica estándar (DGE) ( $mg/m^3$ )	1,30
Límite superior de confianza (LSC) ( $mg/m^3$ )	0,86
Límite inferior de confianza (LIC) ( $mg/m^3$ )	0,67
Coefficiente de variación (%)	3,60

Fuente: Resultados reportados por el Laboratorio de Higiene Analítica del ITCR, 2008.

El MLE (mejor estimador del promedio para distribuciones log normales) indica una situación de cumplimiento de las concentraciones de benceno con la normativa (TLV-TWA= 1,59 $mg/m^3$ ) para el sector.

A partir de las concentraciones de benceno y de las variables de exposición estudiadas, se observó que una menor venta de combustible en general o un mayor dispensado de diesel, menor atención de vehículos, la colocación del pistero a favor de la dirección del viento, el alejarse de las pistas cuando no se estaba dispensando y un menor número de pistas en el establecimiento, pudieron tener un impacto positivo en la disminución de la exposición de los trabajadores.

Por el contrario, ente los factores que pudieron aumentar la exposición se encuentran: fugas en las mangueras de las máquinas dispensadoras, derrames al finalizar el dispensado de vehículos y el llenado de tanque subterráneo por parte de los pisteros.

### *Análisis de los determinantes de exposición*

Al relacionar la velocidad del viento con las concentraciones finales de benceno, se encontró un coeficiente de correlación de Pearson (P) igual a -0.76, lo que indica que existe una correlación negativa, o sea que al aumentar la velocidad del viento disminuyen las concentraciones de benceno en el medio ambiente laboral, lo cual coincidió con lo que se reporta en la literatura. Ésta correlación se realizó con las concentraciones transformadas.

Con respecto al impacto que tuvo la edificación aledaña sobre la velocidad del viento en las islas, se encontró que existía una relación positiva al reducir la distancia horizontal entre las edificaciones y las islas, con una disminución en la velocidad del viento. (OR=2,33±0,69). Por otra parte, la intervención de la infraestructura en la dirección del viento, no se pudo comprobar como un factor influyente sobre la velocidad, debido a la desviación estándar obtenida (OR=1,14±0,39).

Al analizar la posición del trabajador con respecto a la dirección del viento (a favor o en contra) se encontró un P de 0,018 (P<0,05), lo cual indica que, si el trabajador se posiciona a favor de la dirección del viento, puede obtener una menor exposición a benceno.

Según el tipo de combustible que predominó con cada muestra, se halló un P igual a 0,013 (P<0,05). Esto quiere decir que la venta de gasolina, regular o súper, generó un aumento en la exposición a benceno con respecto a la venta de diesel, lo cual concuerda con el hecho de que la gasolina presenta un mayor porcentaje de benceno que el diesel según RECOPE.

No fue posible comprobar que las actividades adicionales que realizaron los trabajadores evaluados (revisión de neumáticos y el motor, limpiar vidrios y el

movimiento de vaivén para introducir más combustible dentro del vehículo), fueran factores influyentes en la exposición ocupacional a benceno.

Para el caso particular del movimiento de vaivén de los vehículos, se presume que si el tanque del vehículo se encontraba vacío, el movimiento de vaivén no necesariamente generó vapor saturado, por tanto, tampoco vapores de benceno adicionales. Además la frecuencia con que se practicó esta actividad fue baja, con un promedio de 2 balanceos por estación de servicio.

#### 4. Conclusiones

En el 43% de las estaciones de servicio se superó el nivel de acción. Dentro de los factores que pudieron estar influyendo en esta diferencia se encuentran: el número de automóviles dispensados, cantidad de combustible vendido, derrames y fugas a la hora de dispensar.

Algunos de los factores que pudieron influir en que se reportaran las concentraciones de benceno más bajas fueron: el alejarse constantemente de las islas cuando no se realizaba el dispensado y el número de las mismas.

Para el sector en general, las gasolineras cumplieron con la normativa vigente para exposición a benceno: INTE 31-08-04-01

Se comprobaron como determinantes de exposición la velocidad del viento y la distancia horizontal de la infraestructura con respecto a las islas.

Se demostró que la posición del trabajador en contra de la dirección del viento, es uno de los determinantes que ocasiona un aumento en la exposición a benceno.

La mayor venta de gasolina regular o súper, con respecto al diesel, aumentó las concentraciones de benceno.

#### 5. Recomendaciones

Se deben tomar medidas de control, para que la exposición a benceno se reduzca a concentraciones inferiores al nivel de acción, en las gasolineras donde se sobrepasó este valor. Dentro de las medidas que se pueden implementar se encuentra el tener un mantenimiento preventivo de los componentes de las máquinas dispensadoras, para evitar fugas y derrames.

Se debe capacitar a los trabajadores acerca de los efectos nocivos de la gasolina sobre su salud y con esto, incentivar buenas prácticas de trabajo que ayuden a disminuir la exposición a benceno. Dentro de ellas se encuentra el alejarse de las máquinas dispensadoras cuando se realiza el llenado y colocarse siempre a favor de la dirección del viento; además, se deben evitar los derrames de combustible al terminar el dispensado.

Tomando en cuenta la característica que presenta el benceno, de ser un agente cancerígeno, es importante que durante el desarrollo del diseño de una nueva estación de servicio, se realice un estudio donde se establezca la predominancia de la dirección del viento a lo largo del año, con el fin de que las tareas de dispensado puedan ser realizadas a favor del viento. Al mismo tiempo, se debe dejar la mayor distancia posible entre las edificaciones aledañas y las pistas de venta de combustible, esto para mejorar la ventilación dentro del local y ayudar a disminuir las concentraciones de contaminantes.

#### 6. Bibliografía

Administración ocupacional de la seguridad y de la salud (OSHA). *Medical surveillance guidelines for Benzene*. U.S. Department of Labor. ([http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadi.sp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=10045](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadi.sp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=10045)) 2004.

Autoridad Reguladora de Servicios Públicos. *Servicios públicos regulados*. Dirección de servicios de energía. (<http://www.aresp.go.cr/docs/S%20CO MBUSTIBLES.pdf>) 2005.

Bahrami, A; Joneidi, A; Ahamadi, H y Mahjub, H. *Comparison of benzene Exposure in drivers and petrol stations workers by urinary trans trans muconic acid in west of Iran*. *Industry Health*. 45: 396-401. ([www.jstage.jst.go.jp/article/indhealth/45/3/396/\\_pdf](http://www.jstage.jst.go.jp/article/indhealth/45/3/396/_pdf)) 2007.

Bayliss, D; Chen, C; Jarabek, A; Sonawane, B; Valcovic, L. *Carcinogenic Effects of Benzene: An Update*. Asociación de Protección al Ambiente de Estados Unidos: Centro Nacional de la Evaluación del Ambiente. (<http://www.epa.gov/ncea/pdfs/benzene.pdf>) 1997.

Caprino, L; Togna G.I. *Potential Health Effects of Gasoline and Its Constituents: A Review of Current Literature (1990-1997) on Toxicological Data*. *Environmental Health Perspectives*, 106 (3). ([www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1533055](http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1533055)) 1998.

Estado de la Nación. *Undécimo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*. Costa Rica: Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible, 2006.

Hartle, R.W; Kelly, J.E; Burton, N.C y Cook, C. *HETA 88-304-2326*. American Petroleum Institute Washington, D.C. ([www.cdc.gov/niosh/hhe/reports/pdfs/1988-0304-2326.pdf](http://www.cdc.gov/niosh/hhe/reports/pdfs/1988-0304-2326.pdf)) 1993.

Instituto Nacional de Seguros (INS), Dirección de Seguros Solidarios. *Estadísticas de Riesgos del Trabajo*. INS. (<http://portal.ins->

[cr.com/Empresas/SegurosCo/RiesgosTrabajo/estr.htm](http://www.cdc.gov/niosh/hhe/reports/pdfs/1994-0220-2526.pdf)) 2006.

Kovein, R; Cook, C. *Health Hazard Evaluation Report Exxon Company USA: Houston, Texas*. (<http://www.cdc.gov/niosh/hhe/reports/pdfs/1994-0220-2526.pdf>) 1995.

Lauwerys; R. *Control Biológico humano de una serie de compuestos químicos industriales: Benceno*. Luxemburgo: oficinas de publicaciones oficiales de las comunidades Europeas. ([http://biblioteca.sp.san.gva.es/biblioteca/publicaciones/MATERIAL%5CPUBLICACIONES%5CSER\\_SL%5CSQT%5CBIOLÓGICO/BENCENO.PDF](http://biblioteca.sp.san.gva.es/biblioteca/publicaciones/MATERIAL%5CPUBLICACIONES%5CSER_SL%5CSQT%5CBIOLÓGICO/BENCENO.PDF)) 1983.

McMichael, A.J. *Carcinogenicity of benzene, toluene and xylene: epidemiological and experimental evidence*. *IARC Sci Publ*. 85: 3-18. ([http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?Db=pubmed&Cmd=ShowDetailView&TermToSearch=3053447&ordinalpos=100&itool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed\\_ResultsPanel.Pubmed\\_RVDocSum](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?Db=pubmed&Cmd=ShowDetailView&TermToSearch=3053447&ordinalpos=100&itool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed_ResultsPanel.Pubmed_RVDocSum)) 1988.

Mehlman, M.A. *Carcinogenic effects of benzene: Cesare Maltoni's contributions*. *Ann N Y Acad Sci*. 48-137. (<http://www.annalsnyas.org/cgi/content/abstract/982/1/137>) 2002.

Panida, N; Sirirat, Ch; Pornpat; Manaswee, A; Narumon, L; Varaporn, P; Daam, S; Mathuros, R. *Environmental and occupational exposure to benzene in Thailand*. *Chemico-Biological Interactions*. 153-154: 75-83. ([http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6T56-4FV9MMH-3&\\_user=10&\\_coverDate=05%2F30%2F2005&\\_rdoc=1&\\_fmt=&\\_orig=search&\\_sort=d&view=c&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=25ab8409880cdbae93c03876990e5a5](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T56-4FV9MMH-3&_user=10&_coverDate=05%2F30%2F2005&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=25ab8409880cdbae93c03876990e5a5)) 2005.

Periago, J y Prado, C. *Evolution of Occupational Exposure to Environmental Levels of Aromatic Hydrocarbons in Service Stations*. *Annals of Occupational Hygiene*, 49 (3): 233–240. ([annhyg.oxfordjournals.org/cgi/reprint/49/3/233](http://annhyg.oxfordjournals.org/cgi/reprint/49/3/233)) 2005.

Perkins, J. *Modern Industrial Hygiene. Recognition and Evaluation of Chemical Agents*. Volumen 1, 2da edición, ITP 2008.

Pranjić, N; Mujagić, H; Pavlović, S. *Inhalation of gasoline and damage to health in workers at gas stations*. *Med Arh.* 57(1): 17-20. ([http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?Db=pubmed&Cmd=ShowDetailView&TermToSearch=12693340&ordinalpos=1&tool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed\\_ResultsPanel.Pubmed\\_RVDocSum](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?Db=pubmed&Cmd=ShowDetailView&TermToSearch=12693340&ordinalpos=1&tool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed_ResultsPanel.Pubmed_RVDocSum)) 2003.

Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE). *Distribución de las Estaciones de Servicio por Provincia, Cantón y Distrito*. Costa Rica: RECOPE, 2007.

Refinadora Costarricense de Petróleo. *Manual de Productos 2007*. Manual de usuario. Costa Rica: RECOPE, 2007.

Romieu, I; Ramírez, R; Meneses, F; Ashley, D; Lemire, S; Colome, S; Fung, K; Hernandez, M. *Environmental Exposure to Volatile Organic Compounds among Workers in Mexico City as Assessed by Personal Monitors and Blood Concentrations*. *Environmental Health Perspectives*. 107 (7): 511–515. (<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1566663>) 1999.

Stillman, W.S; Varella-García, M; Irons, R.D. *The benzene metabolite, hydroquinone, selectively induces 5q31- and -7 in human CD34+CD19- bone*

*marrow cells*. *PubMed*. 28(2):169-76. ([http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?Db=pubmed&Cmd=ShowDetailView&TermToSearch=10706073&ordinalpos=1&tool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed\\_ResultsPanel.Pubmed\\_RVAbstractPlus](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?Db=pubmed&Cmd=ShowDetailView&TermToSearch=10706073&ordinalpos=1&tool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed_ResultsPanel.Pubmed_RVAbstractPlus)) 2000.