

Identificación y evaluación del riesgo de explosividad e incendio en la estación de servicio del campamento del GAD provincia de Pichincha

Identification and evaluation of the risk of explosivity and fire in the service station of the GAD camp province of Pichincha

Rojas Gómez, Stalin Santiago

 Stalin Santiago Rojas Gómez

ssrojas@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador

FIGEMPA: Investigación y Desarrollo

Universidad Central del Ecuador, Ecuador

ISSN: 1390-7042

ISSN-e: 2602-8484

Periodicidad: Semestral

vol. 14, núm. 2, 2022

revista.figempa@uce.edu.ec

Recepción: 06 Diciembre 2021

Aprobación: 08 Julio 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/624/6243122006/>

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v14i2.3501>

Autor de correspondencia: ssrojas@uce.edu.ec



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial 4.0 Internacional.

Cómo citar:: Rojas-Gómez, S.S. (2022). Identificación y evaluación del riesgo de explosividad e incendio en la estación de servicio del campamento del GAD provincia de Pichincha. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 14(2), 81–101. <https://doi.org/10.29166/revfig.v14i2.3501>

Resumen: La identificación y evaluación del riesgo de explosividad e incendio inicia con la información de la infraestructura y áreas del Campamento del GAD Provincia de Pichincha, realizando la identificación del factor del riesgo y de los procesos en la estación de servicio del campamento, con ello se procede a una evaluación mediante la aplicación de 2 metodologías: NFPA y DOW. La evaluación de riesgo mediante NFPA determinó que la estación de servicio representa un nivel de repercusión alto no tolerable para el Campamento; la evaluación de riesgo mediante DOW determinó la existencia de un índice de riesgo de explosividad e incendio de categoría importante, toda vez que el área 1 es un área mixta en el que se localizan 2 surtidores de abastecimiento de combustible y 2 bocatomas para el trasvase de combustible a los tanques de abastecimiento. Adicionalmente dentro del área de influencia de la E/S se evidencia un importante escenario socio-ambiental, por la presencia del río Blanco, cobertura vegetal y propiedad privada colindante, en caso de generarse un accidente mayor, dado por el índice de riesgo de incendio-exposición que produciría derrame de combustible, con el conocimiento del radio y área de exposición, se generaría un efecto sinérgico en el entorno por lo que se procedió a realizar una evaluación basada en metodología Leopold del cual se obtuvo como resultado un impacto ambiental de nivel crítico para los recursos suelo y agua (tramo del río Blanco) así como para la fauna y el paisajismo, de nivel severo para el recurso flora y propiedad colindante norte y finalmente de nivel moderado para la calidad del aire y la ornitofauna.

Palabras clave: riesgo, explosividad e incendio, metodología NFPA, metodología DOW.

Abstract: The identification and evaluation of the risk of explosiveness and fire starts with the information of the infrastructure and areas of the Camp of the GAD Province of Pichincha, identifying the risk factor and the processes at the camp service station, with this, an evaluation is carried out through the application of 2 methodologies: NFPA and DOW. The risk assessment determined by NFPA that the service station represents a high level of repercussion not tolerable for the Camp; the risk assessment by DOW determined the existence

of an explosiveness and fire risk index of category important, since area 1 is a mixed area in which 2 fuel supply pumps are located and 2 intakes for the transfer of fuel to the tanks of catering. Additionally within the area of influence of the E/S an important socio-environmental scenario is evidenced, by the presence of the Blanco River, vegetation cover and property adjoining private, in the event of a major accident, given by the fire-explosion risk index that would produce fuel spill, with knowledge of the radius and area of exposure, a synergistic effect would be generated in the environment Therefore, an evaluation was carried out based on Leopold methodology which resulted in a critical level environmental impact for soil and water resources (section of the Blanco River) as well as for fauna and landscaping, of severe level for the flora resource and adjoining property north and finally moderate level for air quality and ornithofauna.

Keywords: risk, explosivity and fire, NFPA methodology, DOW methodology.

INTRODUCCIÓN

Para la ejecución de las diferentes actividades técnico - administrativas en el noroccidente de Pichincha el GAD Provincia de Pichincha tiene instalado el Campamento de la Administración Zonal N° 4 en la cabecera cantonal de San Miguel de los Bancos, en que laboran un número aproximado de 134 personas distribuidas por jornadas, al finalizar sus actividades 46 es el aproximado que pernoctan en el mismo, en este campamento se mantiene operativo una estación de servicio para el abastecimiento de combustible tanto para los vehículos en los que se transportan lo empleados de la oficina central Quito como para los vehículos que laboran diariamente en el sector del Noroccidente de Pichincha.

Toda vez que la protección de la integridad física y psíquica del personal que labora en el GAD Provincia de Pichincha es de vital importancia para la Prefectura, es necesario realizar la identificación y evaluación del riesgo de explosividad e incendio en la E/S del Campamento, por lo que en base al conocimiento del número de personal que labora en el mismo, infraestructura y condiciones generales de la estación, se realiza la correspondiente medición o cuantificación del factor de riesgo utilizando el método de NFPA como principal mecanismo de evaluación de este estudio y complementado el mismo con la aplicación del método de DOW, información que permitirá a la administración institucional a través de acciones o medidas preventivas y correctivas, minimizar el riesgo y reducir pérdidas humanas, económicas y ambientales de la zona, considerando además el escenario socio-ambiental del lugar en caso en caso de generarse un accidente mayor por el nivel de riesgo de explosividad e incendio toda vez que a 20 m en pendiente desde la E/S se encuentra el Río Blanco que es un cuerpo hídrico de importancia en la Provincia. Este trabajo se basa en identificar y evaluar el riesgo de explosividad e incendio en la estación de servicio del Campamento del GAD Provincia de Pichincha.

NOTAS DE AUTOR

ssrojas@uce.edu.ec

METODOLOGÍA

Identificación de Infraestructura

El Campamento del GAD Provincia de Pichincha cuenta con diferentes áreas para el desarrollo de sus actividades institucionales (Anexo 1), la investigación se centraliza en la estación de servicio localizada en el sector noreste del campamento, en el área de maniobras y estacionamiento de maquinaria pesada, ésta se encuentra instalada en una infraestructura de hormigón de aproximadamente 12m de largo por 7m de ancho y 8m de alto, ocupando un área total aproximada de 84 m², por su ubicación la infraestructura representa un riesgo para el entorno natural toda vez que la estación de servicio se encuentra a 20 m lineales del talud que va hacia el Río Blanco (figura 1), el área de la E/S no cuenta con ningún tipo de cerramiento por lo que al generarse un accidente mayor con derrame de combustible, éste pasaría por esta área directamente.



FIGURA 1

Estación de Servicio de Combustible

Izq. Vista Frontal de la Estación de Servicio de Combustible. Der. Vista Lateral de la Estación de Combustible y Distancia cerca del borde del talud.

La estación de servicio se divide en 5 áreas:

Área 1: De 16 m² de superficie, ubicada en el centro de la infraestructura y destinada para el abastecimiento de combustibles a través de 2 surtidores, cuentan con Equipo Eléctrico 2; Productos gasolina y diésel; 2 mangueras y 2 bocatomas de trasvase.

Adicionalmente esta área es utilizada para el trasvase y abastecimiento de combustible de los tanqueros hacia los tanques de almacenamiento localizados en el área 5 de la E/S, esta actividad se lo realiza por medio de 2 bocatomas, siendo ésta un área mixta de potencial riesgo de derrame y de explosión e incendio, dado por los dos tipos de elementos que se encuentran en la misma (surtidores y bocatomas), no cuenta con las debidas adecuaciones físicas de prevención especialmente para las bocatomas de la estación.

Área 2: De 12 m² de superficie, ubicada en el posterior de los surtidores y destinado para actividades de oficina.

Áreas 3 y 4: De 28 m² de superficie, ubicadas a los laterales izquierdo y derecho de los surtidores, utilizadas para el almacenamiento de materiales, vituallas, herramientas de trabajo.

Área 5: De 84 m² de superficie, ubicada en el posterior de los surtidores, destinada para el almacenamiento de combustible, tiene 2 tanques de almacenamiento: (1) Gasolina con capacidad de 6.000 gal y (2) Diesel con capacidad de 3.000 gal. Cada tanque tiene 1 línea de venteo para el desfogue de gases, dispone de conexión a tierra y está recubiertos con material para evitar su corrosión; los 2 tanques se encuentran sobre una base de hormigón y carecen de una infraestructura de protección y de prevención de derrames, adicionalmente se evidenció el almacenamiento inadecuado de herramientas de trabajo. Sobre el techo de la E/S se encuentra una infraestructura metálica que sirve de soporte de cables eléctricos para la dotación de energía proporcionando luz artificial en el sector así como de energía eléctrica a los surtidores de la estación

de servicio, los cables eléctricos vienen desde un tendido que pasa por el campamento y es obtenido desde los postes de la calle principal.

Identificación del Factor de Riesgo

TABLA 1
Recepción y Almacenamiento de Combustibles

Ubicación: Área 1 de la E/S

Nº	Causas	Efectos	Riesgos
1	Falla en el sello del empate de la manguera con la línea de descarga del autotanque.	Derrame de Combustible	Las 4 causas (<i>en individual o colectivo</i>) generarían: 1. Contaminación del recurso suelo del sector de la E/S, y; 2. Contaminación al componente biótico y recurso hídrico del área de influencia
2	Falla en la válvula de descarga del autotanque.	Derrame de Combustible	
3	Falla en el empate de la manguera de descarga con la bocatoma del sitio del almacenamiento de combustible.	Derrame de Combustible	
4	Falla de la manguera por ruptura.	Derrame de Combustible	

Realizado para los 2 tipos de combustible

TABLA 2
Dotación de Combustible a través de los Surtidores

Ubicación: Área 1 de la E/S

Nº	Causa	Efecto	Riesgo
1	Falla en la válvula de la pistola del surtidor	Derrame de combustible	Contaminación del recurso suelo

TABLA 3
Mantenimiento de Equipos

Ubicación: Área 1 de la E/S

Nº	Causa	Efecto	Riesgo
1	Realizar trabajos de mantenimiento (eléctricos) con herramientas inadecuadas o que no sean anti chispas	Generación de chispas	La causa generaría: Riesgo de incendio-explotación; y contaminación al componente biótico y recurso hídrico del área de influencia

Se basa en la identificación de procesos y del riesgo, iniciando con el macro proceso de la E/S (Anexo 2) y complementando con sus procesos operativos se obtienen los datos de las tablas: (1) Recepción y Almacenamiento de Combustible; (2) Dotación de Combustible; (3) Mantenimiento de Equipos y (4) Limpieza de la Estación de Servicio, en los que se identifica el riesgo.

TABLA 4
Limpieza de la Estación de Servicio

Ubicación: Área 1 de la E/S

Nº	Causa	Efecto	Riesgo
1	Utilizar materiales de limpieza inflamables, usar vestimenta inadecuada de fibras sintéticas o de lana	Generación de chispas por la fricción	La causa generaría: Riesgo de incendio-explósión; y Contaminación al componente biótico y recurso hídrico del área de influencia

Adicionalmente en el Área 1 de la E/S se podrían presentar situaciones externas a los procesos anteriormente referidos, por lo que se realiza un análisis complementario obteniendo lo siguiente (tabla 5):

TABLA 5
Actividades Adicionales en el Proceso

Procesos	Causas	Efecto	Riesgo
En los siguientes procesos: Dotación de combustible Mantenimiento Limpieza	Generación de vapores, fricción de materiales de fibras sintéticas o de lana, uso de ropa inadecuada para los trabajos de la E/S (materiales de fibras sintéticas o de lanas)	Generación de chispas	En los 3 procesos (en individual o colectivo) generarían: Riesgo de incendio y explosión. y; contaminación al recurso suelo del sector de la E/S, al componente biótico y recurso hídrico del área de influencia.
	Encender cigarrillos, botar colillas de tabaco, cerillos encendidos, papel encendido	Ignición	
	No realizar mantenimiento de las instalaciones especialmente eléctricas	Generación de chispas	

Medición y Evaluación del Riesgo de Explosividad e Incendio

Identificado que el riesgo de explosividad e incendio se presenta en las áreas de la E/S con mayor probabilidad de ocurrencia en el Área 1 (ubicación de las Bocatomas de Abastecimiento y los 2 surtidores de combustibles) y en el proceso de Recepción y Almacenamiento de Combustibles es pertinente continuar con una evaluación del riesgo mediante metodologías específicas como:

Metodología NFPA

Método de carga combustible reconocido en la aplicación de la problemática del fuego en el que se establece que el grado de riesgo depende del tipo de material combustible, la cantidad de este material combustible y el área física donde se desarrolla el estudio.

TABLA 6
Aplicación del Método NFPA

Área Nº	Material en la E/S	MC(Kg)	Calor de combustión (Cc)	4.500 (Kca/Kg)	A (m ²)	Carga combustible (QC)	Riesgo de incendio
1	Área principal situada en el centro de la infraestructura donde están los surtidores						
	Plástico	10	11.140	4.500	16	1,55	
	Madera Blanda	80	4.528	4.500	16	5,03	
	Metal	200		4.500	16	0	
	Área 1 Total					6,58	Bajo
2	Parte posterior de los surtidores utilizada como una pequeña oficina						
	Madera Blanda	550	4.528	4.500	12	46,12	
	Papel	200	4450	4.500	12	16,48	
	Plástico	100	11.140	4.500	12	20,63	
	Vidrio	150					
	Área 2 Total					83,23	Alto
3	Ubicada al lateral izquierdo del área de los surtidores utilizada para almacenaje de materiales						
	Madera Blanda	120	4.528	4.500	28	4,31	
	Plástico (fundas)	300	11.130	4.500	28	26,50	
	Poliuretano (esponjas colchones)	1.100	5.660	4.500	28	49,41	
	Cartón, papel	600	4.400	4.500	28	20,95	
	Metal	700		4.500	28	0,00	
	Vidrio	150		4.500	28	0,00	
	Área 3 Total					101,17	Alto
4	Ubicada lateral derecho del área de surtidores utilizada para bodega de herramientas/ materiales						
	Madera Blanda	800	4.528	4.500	28	28,75	
	Poliisopreno (llantas)	1.500	10.500	4.500	28	120	
	Plástico (polietileno de ad)	75	11.140	4.500	28	6,63	
	Plástico (fundas)	100	11.130	4.500	28	8,83	
	PVC	300	4290	4.500	28	10,21	
	Metal	2.000		4.500	28	0,00	
	Vidrio	150		4.500	28	0,00	
	Área 4 Total					174,42	Alto
5	Ubicada en la parte posterior de la infraestructura donde se encuentran los tanques de almacenamiento de combustibles						
	Gasolina	16.805,4	11.400	4.500	84	506,83	
	Diesel	8.402,7	10.581	4.500	84	235,21	
	Área 5 Total					742,04	Alto
	Resultado Final					1.107,44	

De su aplicación en lo específico se tiene:

1. Por cada área de la estación de servicio se realiza la identificación del tipo de material almacenado y que se mantenía repetitivo en grupos (plásticos, madera blanda, metal, papel, llantas, colchones, PVC y herramientas menores en general).
2. Medición del peso por grupo de materiales seleccionados para la aplicación de la fórmula del método (para el área 5 se consideró la capacidad de almacenamiento por cada tanque de combustible).
3. Designación de valores conforme la Tabla de Calor de Combustión de Varios Compuestos (Anexo 5).
4. Aplicación de la Fórmula $Q_c = C_c * MC / 4500 * A$ (Q_c : Calor de Combustión*kilogramos/4500*Área) y en base a la Jerarquización del Riesgo de Incendio (Anexo 3), se determina el nivel de riesgo por cada área de estudio obteniendo los valores de la tabla 6.
5. Para la aplicación del Grado de Repercusión de la estación de servicio en el campamento, con la suma de los valores obtenidos de la carga combustible con resultado de 1.107,44 aplicada la fórmula $GRT = GP * FP$ (GRT : Nivel de Riesgo obtenido*Factor de Ponderación) considerando para el efecto la Tabla Factor de Ponderación (Anexo 4) se asigna el valor de 2 (E/S en un promedio de 10 trabajadores) generando como resultado final un $GRT = 2.214,88$ que significa un nivel de repercusión Alto No Tolerable (de conformidad al Anexo 6 Grado de Repercusión del Riesgo).

Metodología DOW

Método semi-cuantitativo que permite cuantificar el nivel de riesgo de incendio y explosión, mediante un valor numérico llamado índice de incendio y explosión aplicando: $IIE = FM * F3$; en donde FM es el Factor del Material, F3 el cálculo del Factor de Riesgo de la Unidad analizada siendo $F3 = F1 * F2$; F1: Riesgos Generales del Proceso y F2: Riesgos Especiales del Proceso; de su aplicación se tiene lo siguiente:

1. **Características Generales del Proceso:** Situación actual en operación; Producto de análisis gasolina; Proceso que se desarrolla en el Área 1 Recepción-Almacenamiento de Combustibles y se encuentran en las Bocatomas de Almacenamiento, comparten esta área con los 2 surtidores de combustibles (gasolina y diésel); Superficie de 84 m² (Área en donde se almacenan los tanques); Temperatura del proceso promedio de 20°C; Presión ambiente 544 mmHg; producto almacenado gasolina y volumen de 6.000 gal.
2. **Identificación del Factor Material:** El factor material es propio de la sustancia, así como de la temperatura del proceso, la velocidad intrínseca de la emisión potencial de energía en los casos de incendio o explosión provocados por la sustancia, para la Gasolina FM: 16 y para Diésel: 10, valor obtenido de la tabla de Factor Material de Algunas Sustancias (Anexo 7).
3. **Del Factor F1: Riesgo general del proceso** en el que se aplica $F1 = 1 + E$ penalización (es decir valores) conforme la Penalización de Riesgos Generales (Anexo 8) se tiene como resultado $F1 = 1 + 1,2$ por tanto Riesgos Generales del Proceso $F1 = 2,2$.
4. **Del Factor F2: En el que se refieren a las condiciones específicas del proceso**, que son causas importantes de incendio-explosión, considerando $F2 = 1 + E$ penalización (es decir valores). Señalar que para los casos de no ser de aplicación, el riesgo general del proceso, según el método se designa un valor de 0 y por tanto este valor no se le considera en la sumatoria total de la columna, conforme la Penalización de Riesgos Especiales del Proceso (Anexo 10) se tiene como resultado: $F2 = 1 + 2,8$ por tanto Riesgos Especiales del Proceso $F2 = 3,8$.

Cabe señalar que para este cálculo en la penalización de líquidos y gases en zonas de almacenamiento de gasolina se determinó lo siguiente: Para la gasolina: 16.805,4 Kg; Cantidad de combustible x Calor de combustión $16.805,4 \text{ Kg} * 11.400 \text{ Kcal/Kg} = 191'581.560 \text{ Kcal} = 800.810 \text{ MJ}$; estos mismos $800.810 \text{ MJ} = 7,59 * 108 \text{ BTU}$. Con este valor se obtiene del factor de penalización en la curva B (Anexo 11), por lo que se obtiene un Factor de penalización de 0,8 que se incluye en la sumatoria de valores para obtener finalmente el valor de 2,8 que es utilizado en la fórmula (F2: $1 + 2,8$).

5. **Factor de Riesgo de la Unidad:** El cálculo del Factor de Riesgo del Proceso Recepción y Almacenamiento de Combustible es $F3 = F1 * F2$ (donde F1 Riesgo General del Proceso * Riesgos Especiales del Proceso); $F3: (2,2) * (3,8)$; tenemos como resultado $F3 = 8,36$.
6. **Cálculo del Índice de Riesgo de Incendio y Explosión (IIE):** Con los valores obtenidos finalmente se calcula el índice de riesgo de incendio-explosión obteniendo lo siguiente: $IIE = \text{Factor del Material} * \text{Riesgo del Proceso}$; $IIE: \text{FM Gasolina} (16) * 8,36$; con resultado final de Índice de Riesgo de Incendio-Explosión de $IIE = 133,76$.
7. Finalmente y conforme la Categoría de Riesgo del Índice de Incendio y Explosión (Anexo 9), el valor $IIE = 133,76$ se determina como resultado un Grado de Riesgo Importante.

Determinación del Radio (Re) y Área (AE) de Exposición

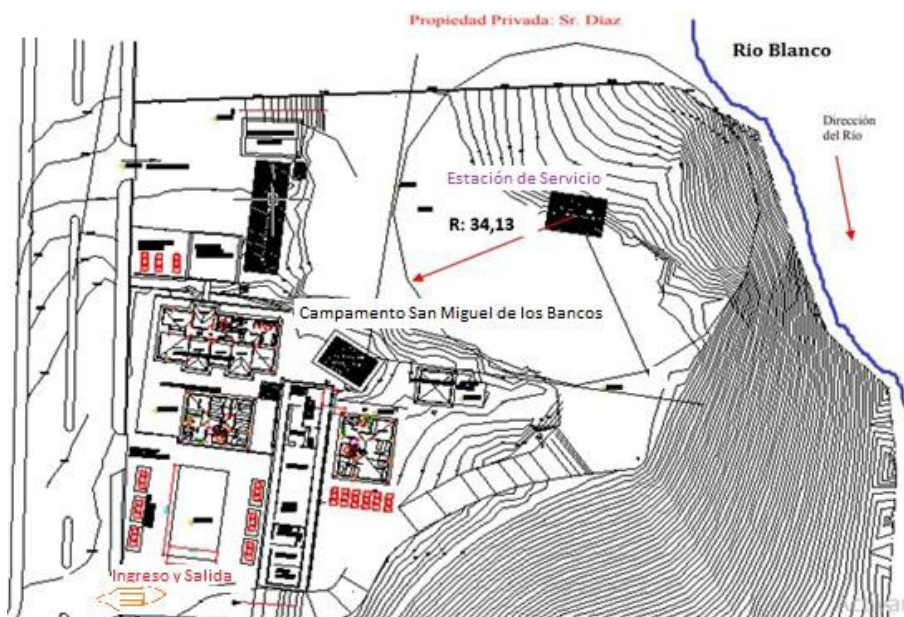


FIGURA 2

Vista Superior del radio de acción de la explosión – incendio en la estación de servicio

Adicionalmente el método permite calcular el radio y área de exposición a los efectos de incendio-explosión conforme el proceso considerado:

1. Obtención del valor de radio de explosión en interpolación del índice de Incendio- Explosión con la pendiente y considerando el Radio de exposición (Anexo 12).
2. El radio de explosión obtenido y elevado al cuadrado multiplicado por 3,1416; en donde: $IIE: 133,76$ se tiene un radio de exposición de $Re = 114 \text{ pies} = 34,13 \text{ m}$.

3. Para el área de exposición se aplica $(AE) = 3,1416 * (Re)^2$ reemplazando datos $(AE) = 3,1416 * (34.13)^2$; $(AE) = 3.659,5 \text{ m}^2$, con esta información se identifica y se visualiza el área de afectación que se generaría en la E/S (Figura 2).

Evaluación Complementaria

Calculado el radio y el área de exposición de afectación es evidente que en caso de generarse un accidente mayor, dado por el índice de riesgo de incendio-explosión con grado de riesgo importante, se presentaría un efecto sinérgico en el entorno de carácter socio-ambiental (recursos suelo-agua y componentes biótico-social) escenario que también se identificó en las tablas del 1 al 5, por lo que es pertinente complementar el presente análisis de riesgo con una evaluación ambiental basada en metodología Leopold. Para su aplicación se realiza:

1. Identificación del Área de Influencia

El área de influencia será directa e indirecta, considerando además que el área de influencia directa social es aquella que se encuentre ubicada en el espacio que resulte de las interacciones directas, de uno o varios elementos del proyecto, obra o actividad, con uno o varios elementos del contexto social y ambiental y para el área de influencia indirecta como el espacio socio-institucional que resulta de la relación del proyecto con las unidades político-territoriales donde se desarrolla el proyecto, obra o actividad: parroquia, cantón y/o provincia (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2021), se definió como:

- a) Área de Influencia Directa (AID) al área total que ocupa el Campamento SMB de superficie $8.248,44 \text{ m}^2$ y sobre el cual se manifestarían directamente los impactos generados por el riesgo de incendio y/o explosión de la E/S.
- b) Área de Influencia Indirecta (AII) a través de los siguientes elementos:
 - El área consolidada de la Cabecera Cantonal de San Miguel de los Bancos, misma que tiene una dimensión aproximada de 420.159 m^2 ,
 - Una franja de aproximadamente de 10.000 m^2 considerada desde el inicio del talud del Campamento SMB hasta la ribera del río Blanco, y;
 - Una franja referencial de 150 m^2 que abarca una sección del río Blanco obteniendo como resultado un área total de 430.309 m^2 para el AII.

2. Identificación de los Componentes Ambientales

En lo que respecta al componente abiótico y según la Hoja Geológica de Pacto Escala 1: 100 0000, IGM, del 2011, se puede mencionar que el 80 % del territorio de la parroquia urbana de San Miguel de los Bancos presenta el afloramiento de la formación geológica San Tadeo, en la que se encuentran el área de influencia del Campamento SMB, siendo que esta formación perteneciente al pleistoceno de la era cuaternaria (IGM, 2011). Adicionalmente y conforme información de shapes de geología y geomorfología de ArcGIS, base de datos 2014 del Sistema de Información geográfica (SIT) del GAD PP se tiene que la geomorfología del área de influencia en el que se encuentra ubicado el Campamento de San Miguel de los Bancos, se caracteriza por ser de terrazas altas del río Blanco y por su puesto terrazas bajas en la zona del río, sobresaliendo a partir de la superficie de uso del campamento una pendiente de aproximadamente 60° de inclinación, en dirección al recurso hídrico del sector (GAD Provincia de Pichincha, 2010). Finalmente, en el ámbito de suelo del área

del Campamento se presentan suelos correspondientes al Grupo Inceptisol, sub orden de los Distrandeps (GAD Provincia de Pichincha, 2015).

El área de estudio se encuentra en la subcuenca del río Blanco que forma parte de la cuenca del Río Esmeraldas (GAD Provincia de Pichincha, 2002), conforme verificación in situ el río Blanco se encuentra aproximadamente a 20 m en pendiente desde el Campamento SMB, este río es uno de los principales cuerpos hídricos y significativos de San Miguel de los Bancos, atraviesa todo el territorio cantonal en dirección este-oeste dirigiéndose hacia la provincia de Santo Domingo de Los Tsáchilas. El río Blanco está conformado por las aguas de los ríos Mindo, Saloya y Cinto (GAD Provincia de Pichincha, 2002).

En el ámbito de climatología los cantones con mayores rangos de precipitación son San Miguel de Los Bancos, Pedro Vicente Maldonado y Puerto Quito, que sobrepasan los 2000 mm (GAD Provincia de Pichincha, 2015). San Miguel de Los Bancos respecto a la temperatura en los meses más calurosos de marzo y abril, registra un promedio de 25,5°C, mientras que en febrero, mes de menor calor, registra una temperatura de 16,7°C (GAD Provincia de Pichincha, 2002). En el territorio se presenta una creciente precipitación desde enero hasta máximo abril, misma que presenta valores promedios de 409,5mm; no obstante, en el mes de menor precipitación, agosto, evidencia una precipitación de 42,2 mm (GAD Provincia de Pichincha, 2015).

Adicionalmente se tiene un promedio anual de 73,06 h/sol, registrando una mayor intensidad en el mes de marzo con 113,2 h/sol y menor en el mes de noviembre con 52,1h/sol. En humedad relativa un promedio anual de 88,83 %, la humedad relativa máxima se produce en los meses de mayo a junio y la mínima en marzo con un 87,00 %. En nubosidad se establece que el promedio mensual es de 6,92 octavos (medidos en octavos de cielo cubierto), en tal razón la mayor parte del año este territorio tiene el cielo casi cubierto (GAD Provincia de Pichincha, 2002).

Realizada la inspección in situ se destaca que el área de estudio tiene una belleza paisajística por la presencia del río Blanco y sus características naturales que lo rodean (Anexo 13), con una topografía que forma un encañonado en la zona y cobertura vegetal que no ha sido cortada manteniéndose en conservación especialmente en los taludes del encañonado, no se evidencia actividades antrópicas que alteren al ecosistema y con un recurso hídrico en el que no se observa basura, películas de aceites o grasas, espumas, cantidades excesivas de sólidos o turbiedad, este escenario ha permitido que se promueva como atractivo turístico del Cantón. En el ámbito de aire no se evidencia malos olores, gases contaminantes o fuentes de contaminación, que alteren la calidad de la misma, en este sentido y por las características naturales de la zona se puede manifestar que la calidad de aire en el sector es aceptable.

En lo que respecta al componente biótico se puede mencionar que la cobertura vegetal del área de influencia del Campamento se destaca por presentar una combinación entre pastos cultivados y vegetación arbustiva, información que ha sido elaborada a nivel II de atributos de información geográfica del Sistema SIT del GAD PP 2014, realizando un recorrido al área de estudio, sector de la pendiente que va desde el borde del campamento a la ribera del río Blanco se visualizó entre las especies más representativas de flora: Guarumo blanco (*Cecropia platensis*), chiparo, fernán sánchez, caoba, yesaña batagua, uva de monte (*Pouruma sp.*), ungurahua (*Oenocarpus Batawua*), pambil (*Ideartea deltoides sp.*), bromelias, líquenes, epífitas y helechos arbóreos. Finalmente para la zona norte del campamento, donde se encuentra el terreno de propiedad del señor Jorge Díaz, hay cultivos de ciclo corto como el zuquini, cacao y pitajaya, además de una combinación de especies forestales como guarumos, fernán sánchez y helechos arbóreos, siendo las especies en flora más representativas que se destacan en el área de influencia.

En el sector resalta la información relacionada de Ornitofauna con las siguientes especies: *Corapgis atratus* (gallinazo), *Guteo poliosoma* (alcón variable), *Columbina Passerina* (tortolita común), *Athene cuniculatria* (Búho terrestre), *Diglossia humeralis* (pincha flor negra), *Conirostrum sinereum* (pica flor o piconosibereo), *Androdon aequatorialis* (colibrí). En cuanto a la herpetofauna se hallan: *Bufo granulosus* (sapito), *Pristimantis duellmani* (*Brachycephalidae*), *Rana arborícola* (*Hyla fasciata*); en lo referente a mastofauna se presume la existencia de raposa, rata y guatuso, adicionalmente se tiene que mencionar

la presencia de invertebrados como: cucarachas (Atticolidae), saltamontes (Tettigoniidae), mariposas (Papilionidae, Sphingidae y Nymphalidae), zancudos (Culicidae), moscas comunes (Muscidae), libélulas (Libellulidae), avispas (Vespidae), hormigas (Formicidae), zancudos (Culicidae), mosquitos (Muscidae), escarabajos estiercoleros (Scarabidae), saltadores de hojas, grillos (familia Gryllidae) e insectos palo (familia Fasmidae).

En lo que respecta al componente social se trabaja con la información de la población colindante del Campamento SMB, al norte propiedad del señor Jorge Díaz (habita su familia desde hace 20 años); al sur propiedad de las Hnas. Carmelitas (utilizado para retiros espirituales); al este talud del peñón del río Blanco y al oeste con la vía principal y viviendas del sector (8 propiedades familiares), finalmente el Campamento cuenta con los servicios básicos de energía eléctrica, agua potable y alcantarillado.

3. Metodología Leopold

TABLA 7
Matriz de Identificación y Evaluación de Impactos

COMPONENTES AMBIENTALES	BIOTICO			ABIOTICO				SOCIAL		Afectaciones negativas	Afectaciones positivas	Agregación de impactos									
	SUPERFICIE TERRESTRE						PROPIOS	COLINDANTES													
	Flora		Fauna		Recurso Suelo	Recurso Hídrico	Recurso Aire	Paisaje	Infraestructura de la E/S y servicio de energía				Propiedad Privada (Sr. Díaz)								
Cobertura Vegetal	Herpetofauna Invertebrados	Ornito_fauna	Calidad	Calidad	Calidad																
Derrame de combustible por explosión e incendio	8	-7	9	9	7	-7	9	-9	10	-9	7	-5	10	-10	10	-9	10	-7	9	0	643

Afectaciones negativas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9		
Afectaciones positivas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agregación de impactos	56	81	49	81	90	35	100	90	90	70											643

Sistematizada la información de los componentes ambientales del área de influencia del Campamento SMB, procedemos a la evaluación ambiental basada en la matriz interactiva de Leopold considerando el efecto sinérgico que ocasionaría un derrame de combustible por una explosión e incendio en la estación de servicio como consecuencia de un accidente mayor, considerando:

- En la matriz de Leopold, en que se realiza la interacción en términos de magnitud e importancia, la magnitud de una interacción es una extensión o escala y se describe mediante la asignación de un valor numérico comprendido entre 1 y 10, donde 10 representa una gran magnitud y 1 pequeña (Canter, 2004). Para la importancia de la interacción está relacionado con lo que significa que ésta sea 0 con una evaluación de las consecuencias probables del impacto previsto. La escala de la importancia también varía de 1 a 10 en la que 10 representa una interacción muy importante y 1 de relativa o poca importancia (Canter, 2004).
- Se realizan las interacciones de los componentes bióticos (en cobertura vegetal, herpetofauna y Ornitofauna), abióticos (suelo, agua en tramo del río Blanco y aire) y social (colindante del

campamento) del área de influencia con derrame de combustible por el efecto sinérgico de un incendio-exposición en la estación de servicio, realizando la calificación en magnitud e importancia considerando los datos de la tabla 7.

- c) De la evaluación realizada y en base a los valores de las Categorías de Calificación de Impactos Ambiental (Anexo 14), se sistematiza en el resultado de la tabla 8.
- d) La evaluación por Leopold refleja un impacto ambiental de nivel crítico para los recursos suelo y agua así como para la fauna y el paisajismo del área de influencia de la estación de servicio, de nivel severo para el recurso flora y propiedad del Sr. Díaz y moderado para la calidad del aire.

TABLA 8
Resultado de la Evaluación Ambiental

COMPONENTES AMBIENTALES	BIOTICO			ABIOTICO				SOCIAL	
	Flora	Fauna		Recurso Suelo	Recurso Hídrico	Recurso Aire	Paisaje	Propios	Colindantes
Acción o Actividad	Cobertura Vegetal	Herpetofauna invertebrados	Ornitofauna	Calidad	Calidad	Calidad		Infraestructura de la E/S y servicio de energía	Propiedad Privada (Sr. Díaz)
Derrame de combustible por explosión e incendio	56	81	49	81	90	35	100	90	70
	Severo	Crítico	Moderado	Crítico	Crítico	Moderado	Crítico	Crítico	Severo

CONCLUSIONES

La aplicación de la metodología NFPA determinó que la estación de servicio representa un nivel de repercusión alto no tolerable para el Campamento del GAD Provincia de Pichincha (zona San Miguel de Los Bancos) complementándose el análisis mediante la aplicación de la metodología DOW que determinó para el área 1 un índice de riesgo de incendio-exposición de 113,76 el cual representa un grado de riesgo importante toda vez que en ésta área se localizan los 2 surtidores de abastecimiento de combustible y 2 bocatomas para el trasvase de combustible a los tanques de abastecimiento.

Adicionalmente la metodología DOW permitió definir el radio y el área de exposición por efecto de un accidente mayor que generaría una explosión e incendio en la estación de servicio, obteniendo como resultado un radio de $R=34,13$ m siendo éste el alcance espacial que afectaría al entorno natural así como al colindante norte (propiedad del Sr. Díaz) de la estación de servicio.

La aplicación de las dos metodologías NFPA y DOW, se complementan en la presente investigación determinando de manera integral el nivel de riesgo de explosión e incendio de la estación de servicio en el Campamento, convirtiéndose en un instrumento fundamental en los procesos institucionales y en la toma de decisiones, por lo que además el presente análisis permitirá el diseño de un plan integral de acción-intervención (con un programa de prevención y control) en los ámbitos de seguridad industrial y ambiental.

En caso de generarse un accidente mayor en la estación de servicio, dado por el índice de riesgo de incendio-exposición con grado de riesgo importante que produciría derrame de combustible en el área de influencia, con el conocimiento del radio y área de exposición, se presentaría un efecto sinérgico en el entorno de la estación de servicio de carácter socio-ambiental por lo que se procede a realizar una evaluación basada en la metodología Leopold del cual se obtuvo como resultado un impacto ambiental de nivel crítico para los recursos suelo y agua (tramo del río Blanco) así como para la fauna y el paisajismo del área de influencia de la estación de servicio, de nivel severo para el recurso flora y propiedad del Sr. Díaz finalmente moderado para la calidad del aire y la ornitofauna.

Basado en el análisis antes referido se recomienda el diseño, socialización, incorporación en la planificación operativa anual institucional e implementación del instrumento plan integral de acción-intervención con un programa de prevención-control ambiental y de seguridad, para fortalecer la gestión técnica del GAD Provincia de Pichincha, el cumplimiento de la política empresarial y demás obligaciones establecidas en la normativa de seguridad y ambiental vigente a nivel nacional.

REFERENCIAS

- Bomberos DMQ. (2011). *Prevención*. http://www.bomberosquito.gob.ec/bomberos/index.php?option=com_content&view=article
- Canter, L.W. (2004). *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental*. McGraw-Hill Spanish. ISBN: 8448112512
- Casal, J. (2001). *Análisis de Riesgos en Instalaciones*.
- Centro Panamericano de Estudios e Investigaciones Geográficas. (2010). *SIG Orientado al Ordenamiento Territorial*.
- Conesa Fernández-Vitoria, V. (2011). *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa, México. ISBN 9788484763840
- GAD Provincia de Pichincha. (2002). *Plan General de Desarrollo Provincial de Pichincha, 2002-2022*.
- GAD Provincia de Pichincha. (2010). *Plano Arquitectónico del Campamento*.
- GAD Provincia de Pichincha. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial GAD PP 2015-2019*.
- GAD Provincia de Pichincha. (2015). *Reglamento Interno de Seguridad, Salud y Ambiente*.
- GAD Provincia de Pichincha. (2019). *Manual Orgánico Estructural y Funcional Institucional*.
- Hernández Sampieri, H., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill, Colombia. <https://bit.ly/3QrqrRo>
- IESS. (2021). *Seguro de riesgos del trabajo del IESS, Información General*. <http://www.iesgob.ec/site.php?content=2025-seguro-de-riesgos-del-trabajo>
- INSHT y AECID. (2009). *Seminario Internacional Sistemas, Políticas y Planes Nacionales en Seguridad y Salud en el Trabajo*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) del Ministerio de Trabajo e Inmigración de España y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID).
- Instituto Nacional de Seguridad e higiene en el Trabajo. (2021). *Guías Técnicas, Atmósferas Explosivas*. Gobierno de España. <https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/guia-tecnica-para-la- evaluacion-y- prevencion-de-los-riesgos-derivados-de-atmosferas-explosivas-en-el- lugar-de-trabajo>
- Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica. (2021). Normativa, TULSMA 2011-2012, Acuerdo Ministerial No. 061-MAE, *Código Orgánico del Ambiente y su Reglamento*. <https://www.ambiente.gob.ec/biblioteca/>
- Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica. (2021). *Sistema Único de Información Ambiental*. http://suia.ambiente.gob.ec/?page_id=344
- Ministerio del Trabajo. (2021). *Seguridad y Salud*. <https://www.trabajo.gob.ec/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/>
- NFPA. (2021). *Catálogos Publicaciones*. <https://catalog.nfpa.org>
- Perry, R.H. (2001). Manual del Ingeniero Químico. 7 ed. McGraw-Hill. ISBN: 9788448130084
- Petrocomercial. (2011). *Gasolina Super, Extra Diesel*. <https://www.eppetroecuador.ec/?p=6276>
- SCRIB. (2011). *DOWs Fire & Explosion Index Hazard Classification Guide*. <http://es.scribd.com/doc/78138490/Dow>
- Storch de Gracia, J.M. (1998). *Manual de Seguridad en Plantas Químicas y Petroleras*. McGraw-Hill. Interamericana de España, S.A. ISBN 9788448114329
- Universidad San Francisco de Quito. (2010). *Curso de Análisis de Riesgos, Métodos NFPA y Meseri*.

ANEXOS

ANEXO 1
Distribución y dimensión de Áreas del Campamento SMB

ÁREA	UBICACIÓN REFERENCIAL	ÁREA m ²	USO
Parqueaderos	Ingreso del campamento	339,71	Parqueo de autos
Cancha deportiva		162,00	Actividades deportivas
Oficinas	Frente al ingreso del campamento	128,44	Actividades administrativas
Cocina y comedor	Adosadas a las oficinas. Frente al ingreso del campamento	270,47	Preparación y consumo de alimentos
Dormitorios			
Unidad 1 y Unidad 2	Extremo derecho de la cancha deportiva	270,70 142,12	Descanso de los trabajadores
Bloque A	Posterior a las oficinas	143,38	
Bloque B	Posterior a la cocina	90,16	
Talleres y mecánica		191,50	Reparación y maquinaria, otros
Bodega		138,47	Almacenamiento de equipos, herramienta y materiales
Rampas de trabajo		83,97	Vehículos a mantenimiento
Lavanderías y área de secado	Posterior de los dormitorios A	86,05	Lavado y secado de ropa
Estación de servicio de combustible	Sector norte del campamento a escasos metros de la pendiente	84,00	Dotación de combustible a los vehículos del GAD PP
Maniobras estacionamiento maquinaria pesada	Frente a la E/S	472,32	Estacionamiento de la maquinaria
Vías internas de circulación vehicular, peatonal y libres		5645,15	Circulación de vehículos, maquinaria y personal
TOTAL		8248,44m²	



ANEXO 2
Macro proceso Estación de Servicio

ANEXO 3
Jerarquización del Riesgo de Incendio

Riesgo bajo	Menos de 35 Kg. madera/M2
Riesgo medio	Entre 35 y 75 Kg. madera/M2
Riesgo alto	Más de 75 Kg. madera/M2

Curso de Análisis de Riesgos, 2010

ANEXO 4
Factor de Ponderación

FACTOR DE PONDERACIÓN	% TRABAJADORES EXPUESTOS
2	01 - 20
4	21 - 40
6	41 - 60
8	61 - 80
10	81 - 100

ANEXO 5
Calor de Combustión de Varios Compuestos

COMPUESTOS	Kcal/Kg
Madera	
Pino	4578
Maderas blandas (escritorios, sillas, papeleras, techos, divisiones, basureros, anaquel, puertas)	4528
Derivados del petróleo	
Gasolina	11400
Kerosene	11050
Gas oil	10878
Diesel	10581
Papel - tela	
Papel	4400
Tela	9550
Cauchos y plásticos	
Poliisopreno	10800
Ebonita	7900
ABS (acrilonitrilo – butadieno - estireno)	9550
Acrílico	6375
PVC	4290
Nylon	7390
Fenol formaldehído	6670
Imitación mármol (30% poliéster – 70% carbonato calcio)	1670
Poliisopreno (goma natural vulcanizada)	10500
Poli carbonato: CD, DVD, vidrios de gafas	7400
Poli estireno: espuma flex	9923
Polipropileno: baldes, botellas de plásticos	7450
Poliuretano: espumas de colchones, esponjas y rellenos de cojines	5660
Polietileno de alta densidad: mangueras, sillas	11140
Polietileno de baja densidad: fundas	11130

Manual de Quirk, 2006

ANEXO 6
Grado de Repercusión del Riesgo

Grado de repercusión GR	Interpretación (repercusión)
0-700	Baja, riesgo tolerable
701-1500	Moderado
1501 en adelante	Alto, no tolerable

ANEXO 7
Factor Material de Algunas Sustancia

SUSTANCIA	FACTOR MATERIAL (FM)	SUSTANCIA	FACTOR MATERIAL (FM)
Aceite lubricante	4	Gasolina	16
Acetato de etilo	16	Heptano	16
Acetato de vinilo	24	Hexano	16
Acetona	16	Hidrógeno	21
Acilonitrilo	24	Isopropanol	16
Amoniaco	4	Metano	21
Benceno	16	Metanol	16
Bióxido sulfuroso	1	Monóxido de carbono	16
Butadieno	24	Nitrato amónico	29
Butano	21	Nitroglicerina	40
Cianuro de hidrógeno	29	Óxido de propileno	24
Ciclohexano	16	Peróxido de hidrógeno (35%)	24
Cloro	1	Petróleo crudo	16
Cloruro de vinilo	21	Poliestireno (granza)	10
Cumeno	10	Poliestireno (espuma)	16
Estireno	24	Polietileno	18
Etanol	16	Propano	21
Etilenglicol	4	Sodio	24
Fenol	4	Sulfuro de hidrógeno	21
Flúor	29	Tolueno	16
Fuelóleo	10	Xileno	16
Gasóleo	10		

Storch de Gracia, 1998

ANEXO 8
Penalización de Riesgos Generales

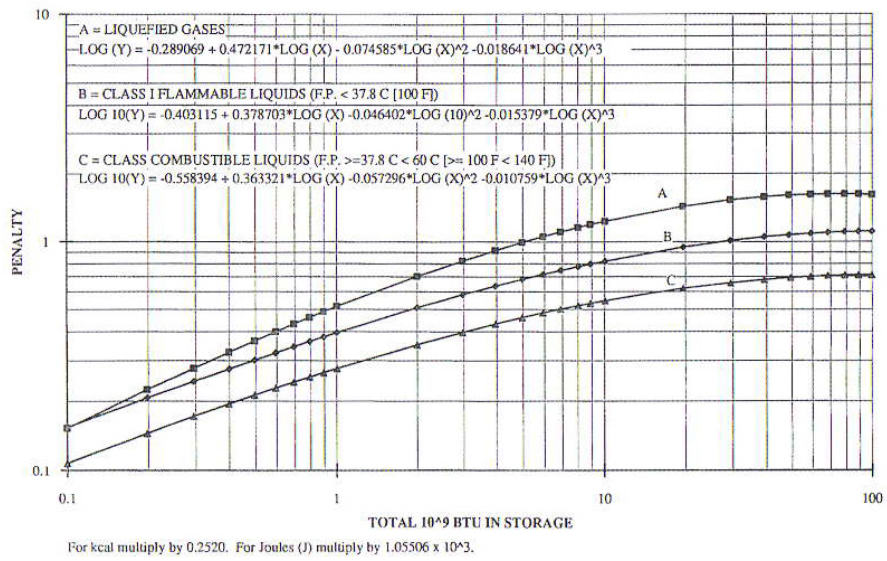
RIESGO GENERAL DEL PROCESO	PENALIZACIÓN Rango	Valor	DETALLE /JUSTIFICACIÓN DEL VALOR UTILIZADO
a Reacciones químicas exotérmicas	0,3 a 1,2	0	No aplica, por no existir reacción química exotérmica
b Reacciones químicas endotérmicas	0,2 1 0,4	0	No aplica, por no existir este tipo de reacciones
c Transferencia o manipulación de materias	0,2 a 1,05	0,65	Se aplica un valor de rango medio por la ejecución de 2 conexiones de mangueras repetidas para la descarga del combustible con nivel de toxicidad medio (nivel alto de toxicidad cuando es consumido)
d Unidades de procesos confinadas	0,2 a 0,9	0	En esta caso que se encuentra al aire libre
e Accesos inadecuados para el equipo de emergencia	0, 2 a 0,35	0	Cualquier equipo de emergencia tiene acceso por varios lados al área del proceso
f Control de drenajes y fugas	0,2 a 0,5	0,5	El drenaje no es tan bueno y no existe infraestructura para el control de fugas, por tanto se asigna el valor alto del rango
	TOTAL	1,2	F1: 1+1,2; Riesgos Generales del Proceso F1: 2,2

ANEXO 9
Categoría de Riesgo

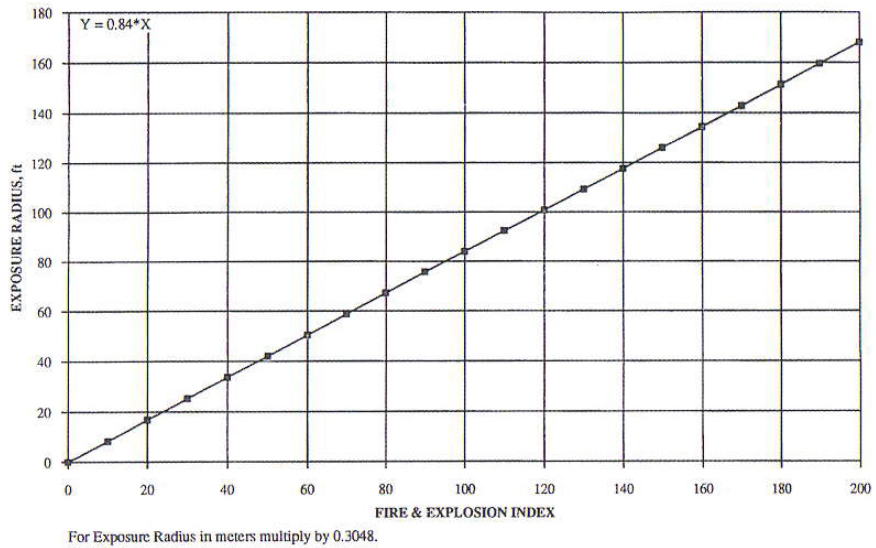
GRADO DE RIESGO	IIE (I DOW)
Ligero	1-60
Moderado	61-96
Intermedio	97-127
Importante	128-158
Severo	159 en adelante

ANEXO 10
Penalización de Riesgos Especiales del Proceso

RIESGO GENERAL DEL PROCESO	PENALIZACIÓN Rango	Valor	DETALLE /JUSTIFICACIÓN DEL VALOR UTILIZADO
a Materiales tóxicos	0,2 a 0,8	0,5	Se asigna un valor medio en el rango toda vez que el nivel de toxicidad de la gasolina es medio, por no ingerir la misma; en el momento de la actividad el tipo de exposición es apropiado, ya que tienen los correspondientes EPPS
b Presión por debajo de la atmosférica	0,5	0	No aplica, la presión del proceso es la atmosférica
c Operación en el rango de inflamabilidad		0	
d Unidades de procesos confinadas	0,2 a 0,9	0	En este caso que se encuentra al aire libre
1. Parques de almacenamiento de líquidos inflamables	0,5	0,5	Por existir almacenamiento de combustible
2. Descontrol del proceso o fallo de purga	0,3	0	No aplica purgas
3. Siempre dentro del ámbito de inflamabilidad	0,8	0,8	Los combustibles siempre están en el ámbito de inflamabilidad
d Explosión de polvo	0,2 a 0,8	0	No aplica, no se maneja productos en polvo
e Presión de alivio			No aplica el proceso está a la presión atmosférica
f Bajas temperaturas	0,2 a 0,3	0	No aplica, se trabaja a temperatura ambiente
g Cantidad de materia inflamable o inestable		0	No aplica
Líquidos y gases de proceso			
Líquidos y gases en zonas de almacenamiento Gasolina		0,8	El valor penalización, resulta del valor en BTU que cruza en la curva B de la figura del anexo 10
h Corrosión o erosión	0,1 a 0,75	0,1	Los tanques son de material resistente a la corrosión, además el combustible no es agresivo, por tanto se utiliza el valor mínimo.
i Fugas a través de juntas y empaquetaduras	0,1 a 1,5	0,1	Por posibles pérdidas menores en sellos equipos rotativos y juntas, por tanto se utiliza el valor mínimo.
j Equipo sometido a fuego directo		0	No aplica en este caso no hay equipos sometidos a fuego directo
k Sistemas de transmisión de calor mediante aceite térmico	0,15 a 1,15	0	No aplica. No se tienen estos sistemas
l Equipo rotativo		0	No aplica. No se tienen estos equipos. La penalización es cero
	TOTAL	2,8	



ANEXO 11
Factor de penalización en la curva B



ANEXO 12
Radius Of Exposure



ANEXO 13

Vista del Río Blanco desde el Borde Superior del Campamento SMB y Paisajismo

ANEXO 14

Categorías de calificación de Impactos Ambientales

CATEGORÍA	CALIFICACIÓN
Leve	< 24
Moderado	20 – 50
Severo	51 – 75
Crítico	> 76