



**PROYECTO ACTUALIZACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO
PARA LA REVISIÓN ORDINARIA Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE
ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

ANEXO TÉCNICO No. 6

EVENTOS TECNOLÓGICOS

**INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO - IDIGER
SUBDIRECCIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGOS Y EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO
Grupo de Trabajo Temático Riesgo Tecnológico**

Bogotá D. C. marzo de 2021



ÍNDICE ESTUDIO DE RIESGO TECNOLÓGICO EN EL DISTRITO CAPITAL DE BOGOTÁ

1.	4
2.	4
2.1	4
2.2	4
3.	4
4.	6
4.1	6
5.	6
5.1	6
6.	6
6.1	6
6.1.16	
6.1.217	
6.1.320	
7.	23
7.1	23
8.	23



LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Distribución porcentual de las principales causas asociadas a eventos tecnológicos en la ciudad</i>	6
<i>Figura 2. Distribución de los eventos reportados al SIRE en la ciudad de Bogotá (Periodo: 2001 a 2020)</i>	7
<i>Figura 3. Ubicación de instalaciones presentes en el complejo Puente Aranda.</i>	9
<i>Figura 4. Localización aproximada de los sistemas de transporte Poliducto y Jetducto.</i>	10

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. SECTORES DE ACTIVIDAD INDUSTRIAL EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ	8
TABLA 2. NIVELES DE AMENAZA PARA LOS EVENTOS ADVERSOS DE ORIGEN TECNOLÓGICO.	12
TABLA 3. RECOMENDACIONES DE TIPOS DE DESARROLLO PERMITIDO EN LAS ZONAS DE AFECTACIÓN	16
TABLA 4. ARTICULADO Y BALANCE GENERAL SOBRE MEDIDAS RELACIONADAS CON EL RIESGO TECNOLÓGICO EN EL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (POT-DECRETO 190 DE 2004)	17
TABLA 5. ESTUDIOS RELACIONADOS CON RIESGOS TECNOLÓGICOS PROMOVIDOS POR EL DISTRITO	19



1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde al Anexo del Documento Técnico de Soporte – DTS del componente de escenario de riesgo por fenómenos de origen tecnológico para las zonas urbanas, de expansión y para la zona rural, elaborado por el Instituto Distrital para la Gestión del Riesgo y el Cambio Climático - IDIGER en el marco del proyecto de actualización del componente de gestión del riesgo para la revisión ordinaria del plan de ordenamiento territorial de Bogotá D.C.

El presente documento incluye el análisis del escenario en suelos rurales, centros poblados y suelos urbanos y de expansión urbana, definiéndose el contexto del escenario en la ciudad, el desarrollo de la gestión del riesgo desarrollado y el balance general sobre las acciones enmarcadas en el plan de ordenamiento territorial vigente.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Generar un documento anexo que apoye la incorporación del componente amenaza/riesgo por fenómenos de origen tecnológico para la zona urbana, de expansión y rural de Bogotá Distrito Capital en cumplimiento del Decreto 1807 de 2014 (compilado por el Decreto 1077 de 2015 o Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio), que servirá como una herramienta para definir medidas que orienten a establecer los aspectos que debe tenerse en cuenta en la revisión y actualización del instrumento de planificación territorial Plan de Ordenamiento Territorial – POT.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar la información disponible frente a la amenaza de origen tecnológico.
- Definir los lineamientos para incorporación del componente amenaza/riesgo tecnológico en el Plan de Ordenamiento Territorial.
- Aportar a la construcción del Documento Técnico de Soporte frente al componente amenaza/riesgo tecnológico.
- Aporte a la construcción de la memoria justificativa frente al componente amenaza/riesgo tecnológico.
- Apoyar en la definición de programas y proyectos para ejecutar en la planificación en la propuesta de IDIGER a SDP para el POT

3. ALCANCES Y LIMITACIONES

La información plasmada en este documento, tiene como alcance enmarcarse y limitarse al cumplimiento de lo establecido en el Decreto 1807 de 2014 (compilado por el Decreto Nacional 1077



de 2015) frente a la amenaza/riesgo sísmico que establece que debe evaluarse con base en la información disponible generada por las autoridades y sectores competentes y de acuerdo con la situación de cada municipio o distrito, de esta manera generar una propuesta de medidas de planificación que permitan incluir los eventos tipo sísmico en los procesos de gestión del riesgo.

4. CONTEXTO NACIONAL

En Colombia, las industrias manufactureras se localizan en los espacios urbanos de áreas metropolitanas o zonas francas de las ciudades más importantes del país. Sin embargo, en los últimos años se ha venido presentando una migración de este tipo de empresas hacia zonas menos pobladas ubicadas en las áreas suburbanas de los municipios cercanos a los grandes centros poblados, generando nuevos escenarios de riesgo en los territorios nacionales. Así mismo, se han dejado de lado escenarios de riesgo asociados a la presencia de infraestructura petrolera en las zonas rurales y suburbanas de los municipios.

Esta es una de las razones por las cuales no se puede desconocer el riesgo tecnológico, sumado al hecho de que dichos riesgos están asociados a las actividades humanas y su desarrollo constante, sin desconocer que los mismos no son exclusivos de las actividades industriales, sino que además están asociados a las diferentes actividades que desarrolla el hombre en su día a día, razón por la cual se hace necesario fomentar y fortalecer el conocimiento de este tipo de riesgos en diferentes ámbitos de la sociedad para que desde ellos se generen aportes para su gestión integral.

Desde el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (PNGRD), Una estrategia de desarrollo (2015-2025) se han definido una serie de proyectos que promuevan el conocimiento de los riesgos tecnológicos en el país, sin dejar de lado la responsabilidad que tienen todos los actores del territorio desde los ámbitos públicos, privados y sociales de controlarlos. El PNGRD define como uno de sus objetivos estratégicos “mejorar el conocimiento del riesgo de desastres en el territorio nacional”, el cual, en uno de sus programas, establece los proyectos que, en lo pertinente a fenómenos de origen tecnológico, contribuyen al cumplimiento del objetivo.

Como parte de las actividades desarrolladas a nivel nacional, ha sido la expedición del documento CONPES 3868 de 2016 que trata sobre la Política de Gestión del Riesgo Asociado al Uso de Sustancias Químicas, lo cual está en línea con el desarrollo que sobre este riesgo se viene teniendo en el proceso de incorporación de Colombia a la OCDE mediante el cual se han establecido recomendaciones tales como el establecimiento de principios generales de la gestión de sustancias químicas, investigación y reducción del riesgo de sustancias químicas, prevención, preparación y respuesta a accidentes químicos y en particular, el Programa de Prevención de Accidentes Mayores – PPAM.

En particular, el PPAM se diseñó de acuerdo con las recomendaciones de la OCDE y de la OIT (Organización Internacional del Trabajo) en materia de prevención de accidentes con sustancias químicas. Este tiene como propósito la protección de la población y del ambiente ante escenarios de accidentes mayores, mediante la gestión del riesgo de sustancias químicas usadas en instalaciones



industriales en el territorio nacional y la preparación y respuesta cuando estos ocurran. (Departamento Nacional de Planeación, 2016)

5. ANÁLISIS DE AMENAZA EN SUELOS RURALES

5.1 FENÓMENOS DE ORIGEN TECNOLÓGICO

Para el caso de las zonas rurales y centros poblados, el riesgo por fenómenos de origen tecnológico está representado por las potenciales fugas o derrames de combustibles en los sistemas de transporte de hidrocarburos, daños en infraestructura asociada a redes de servicios públicos y por la potencial afectación por líneas de transmisión de energía de media o alta tensión y las Subestaciones eléctricas.

6. ANÁLISIS DE AMENAZA EN CENTROS POBLADOS

6.1 FENÓMENOS DE ORIGEN TECNOLÓGICO

Para el caso de las zonas rurales y centros poblados, el riesgo por fenómenos de origen tecnológico está representado por las potenciales fugas o derrames de combustibles en los sistemas de transporte de hidrocarburos, daños en infraestructura asociada a redes de servicios públicos y por la potencial afectación por líneas de transmisión de energía de media o alta tensión y las Subestaciones eléctricas.

7. AMENAZA EN SUELOS URBANOS Y DE EXPANSIÓN URBANA

7.1 FENÓMENOS DE ORIGEN TECNOLÓGICO

7.1.1 Contexto del escenario de riesgo de origen tecnológico

La demanda creciente de bienes y servicios de nuestra sociedad advierte la intensificación de las actividades económicas en el territorio y por ende la aparición de riesgos emergentes. Como resultado de esto, las actividades industriales que pueden representar un posible riesgo de tipo tecnológico para la ciudad han incrementado su producción o han implantado nuevas instalaciones para suplir con la demanda actual.

Considerando lo anterior, el riesgo generado por las instalaciones presentes en el territorio y la posible afectación de estas instalaciones a amenazas externas (orígenes antrópicos, naturales, socio-naturales) se hace necesario incrementar las capacidades para gestionar o responder a posibles eventos accidentales de tipo tecnológico que pueden tener afectación a las personas, los bienes y el ambiente.

El riesgo por fenómenos de origen tecnológico o riesgo tecnológico se define por los daños o pérdidas que pueden presentarse debido a eventos asociados con el almacenamiento, producción, transformación o transporte de sustancias y/o residuos químicos peligrosos, radiactivos, biológicos,



líquidos inflamables, materiales combustibles, electricidad y/o hidrocarburos, así como con las actividades que operen altas presiones, altas temperaturas o con posibilidades de impacto mecánico. La materialización de este riesgo depende de la ocurrencia de factores tales como fallas en procesos, equipos y diseños, deficiencia en los materiales, deficiencias tecnológicas, error humano, fenómenos de origen natural o no intencional, los cuales llevan a la generación de potenciales eventos accidentales de fugas y derrames, incendios, explosiones, electrocución, colapso, entre otros que pueden afectar la población, bienes y recursos naturales.

En la ciudad de Bogotá la amenaza de tipo tecnológico puede verse representada por las diferentes infraestructuras o actividades que en el desarrollo de su operación o por factores o variables externas, pueden ocasionar un evento accidental. Para el año 2014, la Secretaría Distrital de Salud reporta más de 8000 establecimientos distribuidos en toda la ciudad, objeto de control, debido al uso de sustancias químicas en diferentes cantidades. En la *Figura 1* se puede observar el número de establecimientos vigilados por la SDS por localidad para temáticas relacionadas al riesgo químico.

La SDS realiza vigilancia sobre 8702 establecimientos (2014) que representan algún tipo de riesgo químico por la cantidad total de sustancias almacenadas y sus respectivas características de peligrosidad, sin embargo, vale la pena aclarar que dentro de los más de ocho mil establecimientos vigilados se encuentran los grandes, medianos o pequeños establecimientos que manejan sustancias químicas en cualquier cantidad. Teniendo en cuenta esto, resulta necesario diferenciarlos establecimientos, infraestructura, instalaciones o actividades que tienen el potencial de generar una gran afectación a las personas, los bienes o el ambiente para intensificar los procesos de gestión del riesgo sobre estos, y diseñar, adoptar y promover medidas o requerimientos que deberían cumplir los demás establecimientos, instalaciones o actividades, que aunque tienen el potencial de generar una gran afectación, pueden afectar al entorno por la materialización de un evento accidental.

Las principales causas asociadas a eventos tecnológicos en la ciudad corresponden a derrames o fugas de sustancias químicas, fallas eléctricas al interior de viviendas o industrias, explosiones mecánicas e incendios. En la *Figura 2*, se puede observar la distribución porcentual de las principales causas asociadas a eventos tecnológicos en la ciudad que, a nivel distrital, el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático – IDIGER, ha compilado a través del Sistema de Información para la Gestión del Riesgo y Cambio Climático – SIRE.

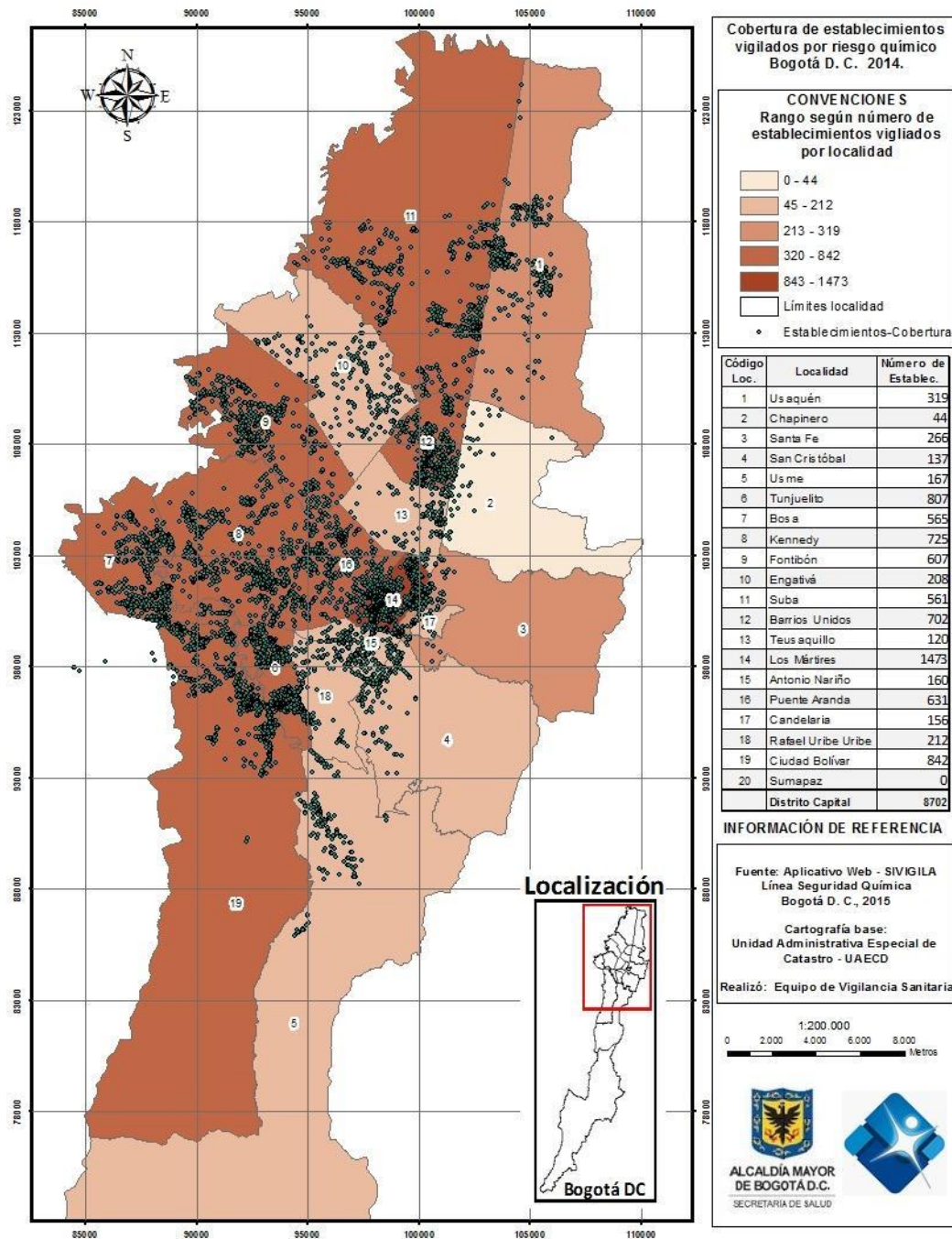


Figura 1. Establecimientos vigilados por la Secretaría Distrital de Salud por riesgo químico

Fuente: (SDS, 2014)

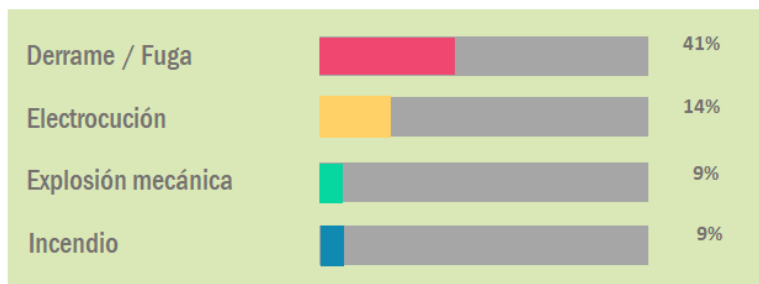


Figura 2. Distribución porcentual de las principales causas asociadas a eventos tecnológicos en la ciudad

Fuente: (SIRE, 2020)

Los eventos tecnológicos reportados en la ciudad, presentan la distribución territorial que puede observarse en la Figura 3. Dentro de los eventos reportados, sobresale la ocurrencia de fugas, las cuales en gran parte están asociadas al servicio domiciliario de gas natural en las localidades de Usaquén, Kennedy, Engativá y Suba.

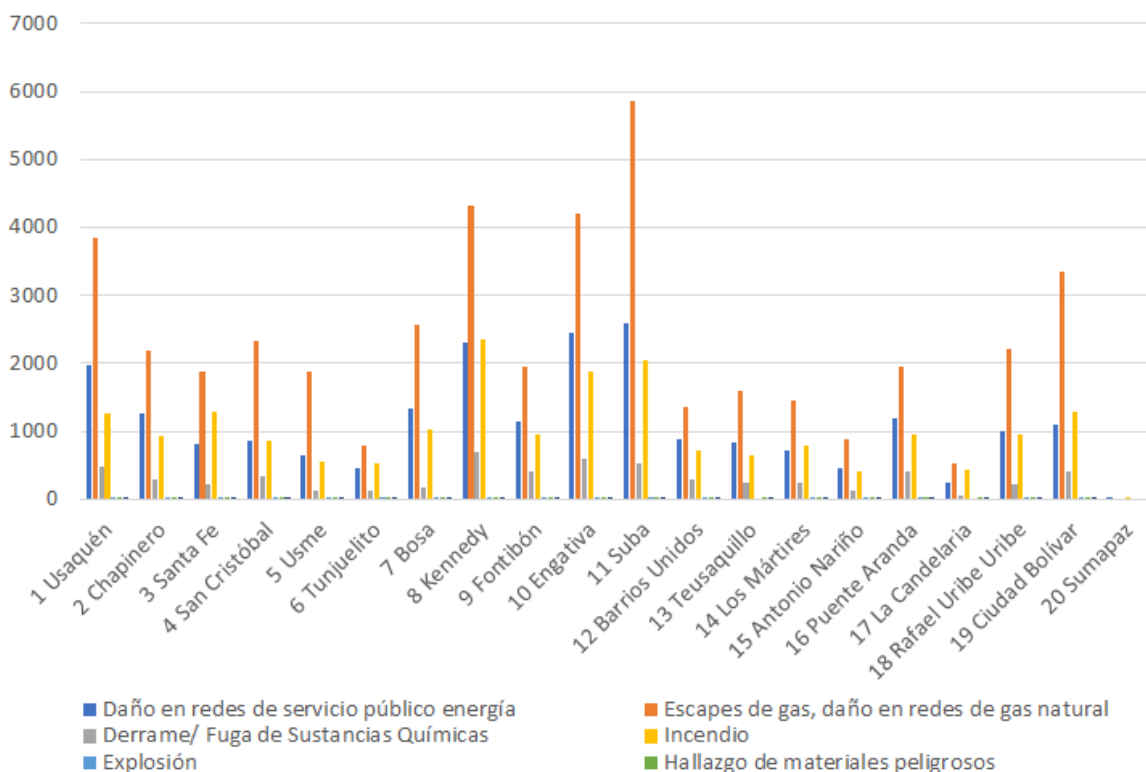


Figura 3. Distribución de los eventos reportados al SIRE en la ciudad de Bogotá (Periodo: 2001 a 2020)

Fuente: (SIRE, 2020)

Le sigue en importancia los daños en servicio público de energía que en varios de los casos represento un evento de electrocución sobresaliendo de igual forma las localidades de Usaquén, Kennedy, Engativá y Suba.

Los incendios estructurales representan una de las causas asociadas al riesgo por actividad de la construcción, sin embargo, por su naturaleza, éstos pueden estar asociados a un riesgo tecnológico por el inadecuado manejo de sustancias químicas, fallas en redes eléctricas o por errores humanos que promueven su materialización. Las principales causas por las cuales se generan los incendios en la ciudad son fallas eléctricas, incendios ocasionados por veladoras y derrames o fugas de sustancias inflamables.

Actualmente, el Distrito Capital cuenta con aglomerados de establecimientos, actividades, e infraestructura que pueden representar posibles fuentes de peligro de tipo tecnológico, dentro de los que se destacan los presentados en la Tabla 1, donde se mencionan las localidades que registran áreas con actividad industrial.

Tabla 1. Sectores de actividad industrial en la ciudad de Bogotá

Sectores	<ul style="list-style-type: none"> • Zona Franca de Bogotá. • Zona industrial de Montevideo. • Sector del aeropuerto el Dorado. • Sector industrial de San Benito. • Sistema de transporte de hidrocarburos por ductos denominados “Jetducto Puente Aranda – El Dorado” y “Poliducto Mansilla-Puente Aranda”. • Sistema Eléctrico de la Ciudad de Bogotá. • Sistema de recibo y distribución de gas domiciliario. • Relleno sanitario doña Juana.
Localidades	Usaquén, Chapinero, Santa Fe, San Cristóbal, Usme, Tunjuelito, Bosa, Kennedy, Fontibón, Engativá, Suba, Barrios Unidos, Teusaquillo, Los Mártires, Antonio Nariño, Puente Aranda , Rafael Uribe Uribe y Ciudad Bolívar.

Con base en los análisis realizados, se ha identificado que las principales sustancias químicas utilizadas en la ciudad, considerando la cantidad almacenada o manejada en los establecimientos, corresponde a ACPM, gasolina y ácido sulfúrico máximo (51%), como puede observarse en la *Figura 4* (SDS, 2014). El resto, en menores proporciones, corresponde a hidróxido de sodio en solución, aerosol inflamable e hidróxido de sodio sólido.

Respecto al sistema eléctrico de la ciudad, la Empresa de Energía de Bogotá cuenta con una infraestructura en operación encargada de la prestación del servicio de energía. El Sistema Bogotá está conformado por un conjunto de Líneas de Transmisión a doble circuito a 230 kV, las cuales realizan la interconexión de las Subestaciones Tunal y Circo, localizadas en Bogotá D.C.; San Mateo, localizada en Soacha; La Guaca y El Paraíso, localizadas en El Colegio; La Mesa, localizada en La Mesa, todos municipios del Departamento de Cundinamarca. Las líneas que fueron construidas como un proyecto de expansión eléctrica nacional, asegura el suministro para la creciente demanda de energía del Departamento del Meta y de la ciudad de Bogotá. Su objetivo es transmitir la energía generada por la represa del Guavio, con configuración horizontal conformadas por estructuras autosoportadas, que inicialmente fueron energizadas a 230 kV y con la posibilidad de repotenciar a 500 kV.

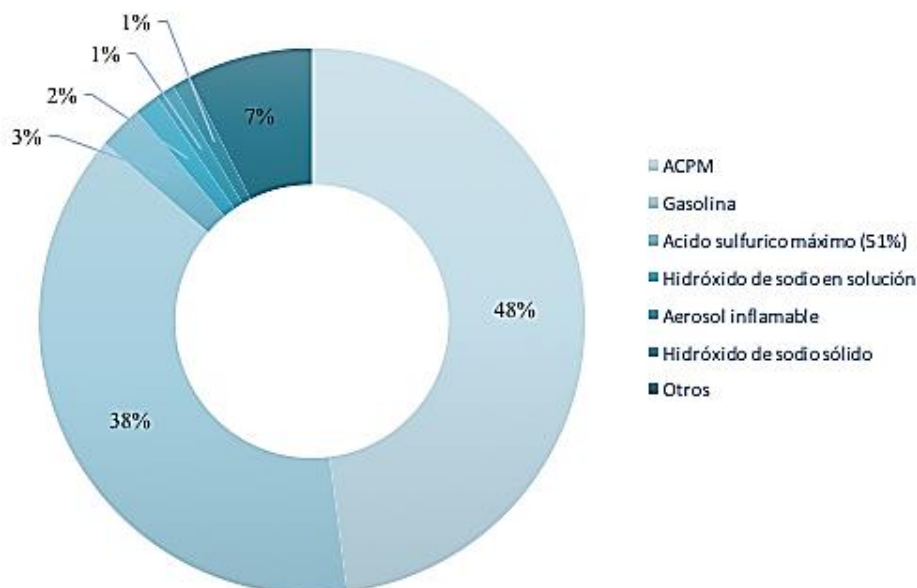


Figura 4. Principales sustancias químicas registradas en la ciudad de Bogotá

Fuente: (SDS, 2014)

Otros de los sistemas que valen destacar corresponde al de plantas de tratamiento de la empresa de acueducto de Bogotá, en las plantas Wiesner, Yomasa, El Dorado, Vitelma, Tibitoc y La Laguna, deben almacenarse sustancias químicas peligrosas tales como cloro, cloruro férrico, policloruro de aluminio, sulfato líquido, permanganato de potasio, soda cáustica o cal entre otras para los diferentes procesos de tratamiento de agua potable.

En cuanto al sistema de recibo y distribución de gas natural, los recursos que llegan a Bogotá se extraen principalmente del pozo Ballenas en alta mar, ubicado en el Océano Atlántico en el departamento de la Guajira. La segunda fuente de gas proviene de los pozos de Apiay ubicada en el oriente colombiano, y su administración se lleva a cabo por parte de Ecopetrol; una vez extraído el gas, es transportado por líneas de conducción al resto del país. Actualmente la distribución del gas natural en la ciudad de Bogotá, incluyendo redes de alta, media y baja presión, es responsabilidad de la empresa Gas Natural Fenosa la cual reporta más de dos (2) millones de usuarios entre la ciudad de Bogotá y algunos municipios colindantes.

El sistema de distribución conocido como red de distribución de alta presión comienza a partir de las instalaciones receptoras de la ciudad o City Gate, en las cuales se regula la presión del gas recibido y se lleva a la presión de distribución. En Bogotá se encuentran dos instalaciones receptoras de acceso: la primera ubicada cerca al municipio de Cagua, al noroeste de la ciudad, donde se recibe el gas de los pozos de Ballenas, y la segunda estación, ubicada en Usme y se encarga de recibir el gas del área de Apiay. Las redes de distribución a media presión corresponden a las estaciones de regulación de presión en espacio público y privado que se encargan de disminuir la presión de distribución de 250 psi a 60 psi.

Adicional a la infraestructura de recibo y disminución de la presión, se encuentran las redes primarias y de distribución, que se encargan de transportar el gas natural en la totalidad en un alto porcentaje de cubrimiento de la ciudad de Bogotá.

Particularmente, en la zona industrial de Puente Aranda se encuentran establecimientos que cumplen con las funciones de almacenamiento y distribución de combustible líquidos, lubricantes y gas licuado de petróleo (GLP). En la *Figura 5* se muestra un estimado de la ubicación de las empresas presentes en el sector y de las instalaciones que se encuentran en el área de influencia.

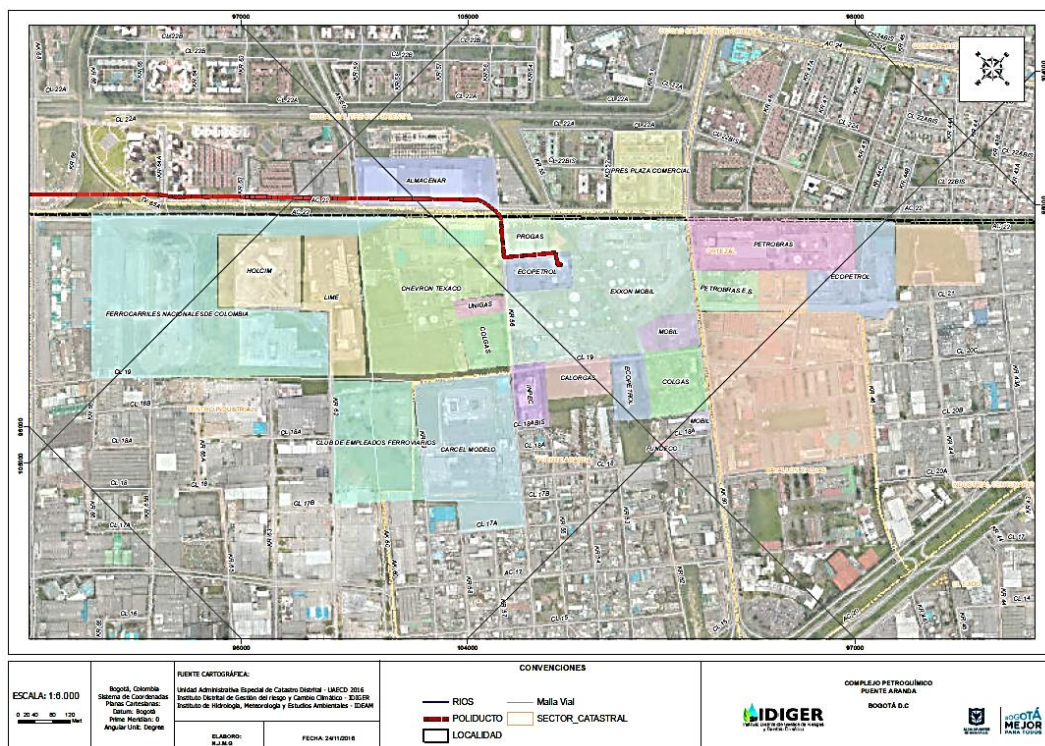


Figura 5. Ubicación de instalaciones presentes en el complejo Puente Aranda.

Fuente: IDIGER

La infraestructura de distribución de combustibles está representada por el sistema Poliducto Salgar Bogotá, el cual cuenta con dos tuberías de transporte de productos refinados de petróleo. Los sistemas tienen un trazado ubicado desde la Planta Puente Aranda de forma paralela, compartiendo un corredor hasta la localidad de Fontibón donde se separan siguiendo el Poliducto a la estación Mansilla y el jetducto hacia el aeropuerto El Dorado (*Figura 6*).

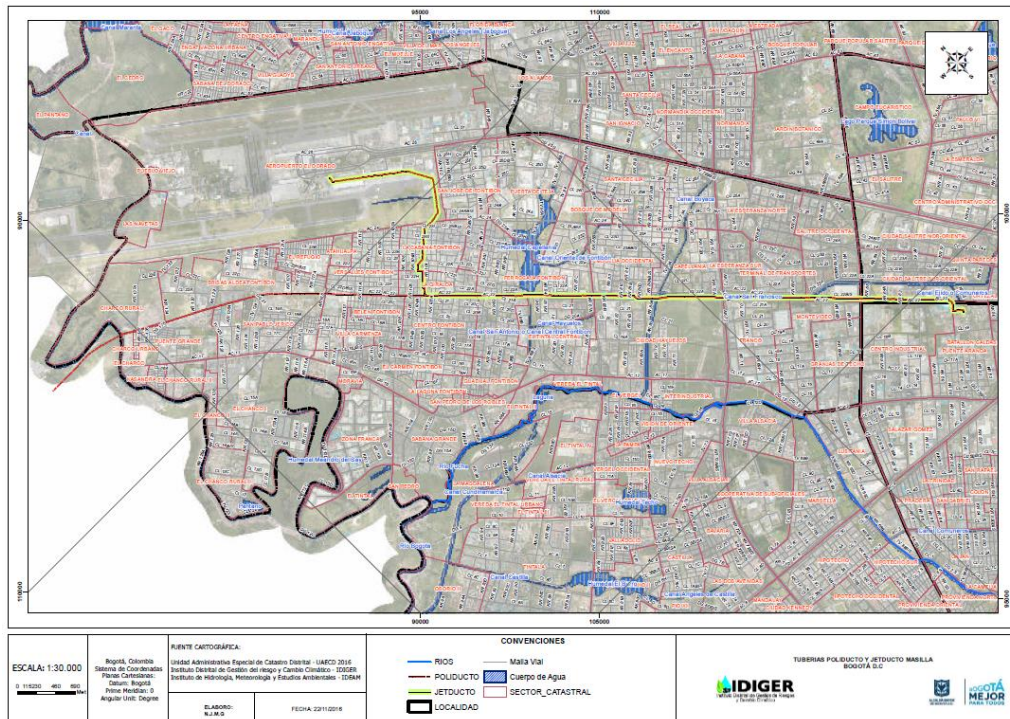


Figura 6. Localización aproximada de los sistemas de transporte Poliducto y Jetducto.

Fuente: (IDIGER, 2016)

Metodológicamente, el análisis de riesgo cuantitativo realizado para estos dos sistemas de transporte es el siguiente:

- **Identificación de escenarios**

La identificación de escenarios está relacionada con los siguientes aspectos a desarrollarse:

Definición de los productos transportados: Se debe disponer de la información de la cantidad de producto operado en el ducto, así como de las diferentes clasificaciones de seguridad de los productos.

Descripción de la operación: Incluye caracterización de la infraestructura y sus procesos, en especial los tiempos de detección y respuesta ante las diferentes fallas que se pueden presentar en el ducto y en general en el sistema.

Identificación de las causas básicas de las fallas del sistema, en un ducto pueden presentarse fallas totales (90% a 100% del diámetro de la tubería), parciales (20% del diámetro de la tubería) y falla mínima (hasta $\frac{1}{4}$ "). Estas roturas en los sistemas se pueden presentar por varias causas intrínsecas a la operación de los sistemas, las cuales son necesario contemplar en los análisis y de esta forma establecer una primera aproximación a la frecuencia de falla inicial del sistema.

Identificación de sucesos finales: Posterior a la falla del sistema y su consecuente pérdida de contención de producto, se identifican los posibles sucesos o eventos finales tales como incendio, explosión, llamarada, entre otros, mediante el análisis del árbol de sucesos.

- **Causas de falla en el sistema**

Para la definición de las causas de falla en el sistema, es necesario que se lleve a cabo un análisis de integridad de las posibles amenazas endógenas y exógenas que podrían afectar y provocar una pérdida de contención. Para ello se debe realizar la identificación y evaluación de las causas de las posibles fallas en el ducto teniendo en cuenta también el clima y fuerzas externas no intencionales, tales como corrosión, fatiga, fallas humanas. Con base en este análisis se debe establecer las frecuencias de falla modificadas del sistema a lo largo de tramos homogéneos en el ducto en estudio.

Respecto a la estimación de la frecuencia de falla del sistema, se debe tener en cuenta lo siguiente:

En los análisis de riesgo cuantitativos, se llevan a cabo las estimaciones de probabilidad o frecuencia de falla del sistema de transporte a todo lo largo del mismo, o por segmentaciones según sea el caso, fundamentado en bases de datos propias del operador o dueño de la infraestructura o, bases de datos internacionales que correspondan a las características del ducto. Este valor base es ajustado por los diversos factores por los que puede verse afectado el sistema a lo largo de su vida útil, aplicando criterios de integridad de ductos. En todos los casos, con base en los análisis de integridad, se determina el programa de integridad del sistema con el cual se definen las medidas de reducción del riesgo a corto, mediano y largo plazo, tales como el mantenimiento periódico, la reparación del sistema, la profundización del ducto, la construcción de un aislamiento, el reemplazo de una sección, entre otras.

- **Probabilidad de ocurrencia de los sucesos finales**

La probabilidad de ocurrencia de los sucesos finales se realiza con base en la frecuencia de falla modificada para cada tramo homogéneo del ducto y la probabilidad definida en el árbol de sucesos de sucesos. Para ello debe contemplarse el potencial volumen involucrado en el fenómeno, las características de infalibilidad del producto, las fuentes de ignición, entre otros.

- **Estimación de consecuencias**

Para la estimación de consecuencias, se deben considerar las condiciones de modelamiento más acertadas posibles con la realidad a lo largo de la vida útil del sistema. Para ello deben contemplarse aspectos como los parámetros hidrometeorológicos, condiciones de rugosidad en el terreno u obstáculos, condiciones hidráulicas, hidrológicas y morfométricas de los cuerpos de agua donde sea susceptible la generación de rutas de derrame, los niveles de afectación definidos para cada suceso final, estimación del volumen de producto derramado para cada zona homogénea detectada correlacionada con la segmentación del ducto, los tiempos de respuesta operativos para contener y reparar el daño presentado.

Las áreas que se estimen de afectación, deben cartografiarse en la escala correspondiente, contemplando cada uno de los escenarios y el escenario más adverso se define como el escenario de amenaza total.

Respecto a los niveles de amenaza de los eventos adversos de origen tecnológico, se debe tener en cuenta lo siguiente:

De acuerdo con las posibles afectaciones que pueden generar las diferentes intensidades producidos por los eventos adversos de origen tecnológico, se presentan a continuación, los criterios a tenerse en cuenta para la zonificación de la amenaza de origen tecnológico, en relación a los análisis de consecuencias directas sin tener en cuenta probabilidades de ocurrencia de estos sucesos.

Amenaza	Sobrepresión	Radiación	Emisiones tóxicas	Llamarada
Alta	> 44kPa	>14.5 kW/m ²	> AEGL – 3	Desde centro hasta LII
Media	Entre 7 y 44 kPa	Entre 4.7 y 14.5 kW/m ²	Entre AEGL – 2 y AEGL – 3	Desde LII hasta ½ del LII
Baja	Entre 2 y 7 kPa	Entre 1.6 y 4.7 kW/m ²	Entre AEGL – 1 y AEGL – 2	No aplica
Nula	< 2 kPa	< 1.6 kW/m ²	< AEGL – 1	Desde ½ de LII en adelante

Tabla 2. Niveles de amenaza para los eventos adversos de origen tecnológico.

Respecto a los valores límites aceptable de los eventos adversos de origen tecnológico, se debe tener en cuenta lo siguiente:

De acuerdo con la tabla anterior y teniendo en cuenta los respectivos análisis de consecuencias para sistemas de transporte por ducto nuevos o existentes, las distancias de aislamiento mínimas se determinarán con base en los siguientes valores límites aceptables, los cuales corresponden a las siguientes intensidades:

- Sobrepresión: 7 kPa
- Radiación en espacios al aire libre de acceso público (uso del suelo como parques, entre otros), donde las personas no permanezcan constantemente y que corresponda a zonas donde no presenten restricciones en la salida del público: 7.3 kW/m²
- Radiación en espacios donde se localicen para edificaciones y en general espacios donde se presente circulación y permanencia de personas: 4.7 kW/m²
- Llamarada: Hasta la distancia que corresponda a ½ del LII (límite inferior de inflamabilidad del producto).
- Concentración tóxica: De acuerdo con las características del producto, hasta el nivel AEGL – 1 o, hasta el nivel ERPG – 1 o, hasta el límite inmediatamente peligroso para la vida y salud o, hasta la concentración que corresponda en ppm durante una exposición de 30 min sin daño alguno.

• Rutas de derrame

Las rutas de derrame se asocian con la trayectoria que potencialmente puede presentarse por la pérdida de contención de producto líquido sobre un cuerpo de agua o sobre un canal o similar artificial como una red de drenaje. Por lo tanto, se deben evaluar las posibles trayectorias que derrame y las consecuencias que a lo largo de estas trayectorias de derrame puedan presentarse tanto para los sucesos finales (incendio, llamada, etc.), como para el caso de contaminación por contacto. Es sumamente importante contar con la información de los puntos de control o área de control donde los equipos operativos lleven a cabo las operaciones de contención de producto teniendo en cuenta las características de los productos por lo vapores que producen perjudiciales para el personal de respuesta, la velocidad del derrame en los cuerpos de agua o de las redes de drenaje, los tiempos de activación, respuesta y contención de los grupos operativos y los factores de degradación físico-químicos del producto tales como la evaporación, adherencia, dispersión, dilución, etc.

- **Identificación de elementos vulnerables**

Sobre el área de estudio a todo lo largo del sistema de transporte y con ancho igual a la franja de amenaza o afectación más adversa, se deben identificar los elementos vulnerables existentes y futuros de conocerse. Estos elementos vulnerables deben relacionarse con asentamientos humanos, infraestructura vial, de servicios, salud, educación, gobierno y demás instituciones, comercio, industria y áreas ambientalmente sensibles como humedales.

- **Análisis de riesgo**

Los análisis de riesgo a llevarse a cabo deben enfocarse en la estimación del riesgo individual en términos de fatalidades esperadas en un año tanto simple para cada uno de los escenarios como combinado para la sumatoria de todos los escenarios planteados.

Se entiende por riesgos individuales los que corre una persona en una situación dada dentro o fuera de la instalación considerada. Para el presente documento el riesgo individual corresponde a las lesiones fatales esperadas a un individuo dada la falla a una distancia específica del fenómeno adverso (incendio, explosión, etc.) por la probabilidad de falla del ducto y la probabilidad de ocurrencia del evento adverso al año.

Asociado al concepto de riesgo individual, se presenta el concepto de curvas de isorriesgo. Las curvas de isorriesgo son curvas de contorno alrededor de la fuente de origen del riesgo, que representa situaciones, en el espacio, con igual valor del riesgo.

La estimación de las curvas de isorriesgo se lleva a cabo a todo lo largo del ducto y se plasma en el respectivo mapa cartográfico de riesgos, cartografiándose en la escala correspondiente, contemplando cada uno de los escenarios de riesgo individual, es decir tanto los simples como el o los combinados.

Respecto a los valores límites aceptable en términos de riesgo individual, tenemos los siguientes:

En términos de riesgo individual, bien sea por el análisis de cada uno de los sucesos adversos posibles o por producto de la sumatoria de todos los sucesos con origen en el sistema de transporte, se establecen los siguientes límites:

- Límite de riesgo tolerable de un suceso adverso (simple): $1 \times 1E-5$ fallecimientos/año
- Límite de riesgo aceptable de un suceso adverso (simple): $1 \times 1E-6$ fallecimientos/año
- Límite de riesgo tolerable de la sumatoria de todos los sucesos adverso (combinado): $5 \times 1E-5$ fallecimientos/año
- Límite de riesgo aceptable de la sumatoria de todos los sucesos adverso (combinado): $1 \times 1E-5$ fallecimientos/año
- Zona intermedia entre riesgo aceptable y riesgo tolerable: Admisible sin medidas de intervención solo para el caso de desarrollos de infraestructura llevados a cabo antes de la aplicación de estos límites de aceptabilidad (año 2015), para el caso de los futuros desarrollos, se deben desarrollar análisis beneficio-costos de adoptar medidas de prevención y mitigación.

Para el caso de los futuros desarrollos y de acuerdo al uso del suelo, los límites de riesgo aceptable individual son los siguientes (de cada suceso adverso):



- Hospitales, estaciones de bomberos y en generalas edificaciones para uso de educación, salud, para niños y jóvenes, hogares de tercera edad y gobierno (simple): $< 0.5 \times 1E-6$.
- Áreas residenciales, hoteles, instalaciones turísticas, entre otras similares (simple): $< 1.0 \times 1E-6$.
- Centro comerciales, oficinas, centro de diversiones, restaurantes, entre otras similares (simple): $< 5.0 \times 1E-6$.
- Complejos deportivos, zonas industriales, áreas agrícolas y espacios abiertos para actividades (simple): $< 1.0 \times 1E-5$.

Es importante resaltar, que en ningún caso el riesgo individual producto de la sumatoria de todos los sucesos adversos (combinado), indistintamente del uso del suelo, debe sobrepasar el valor de $5 \times 1E-5$ fallecimientos/año.

7.1.2 Desarrollo de la gestión del riesgo de origen tecnológico

A nivel nacional mediante la adopción de la Política Nacional para Gestión del Riesgo de Desastres, Ley 1523 de 2012, se establece la gestión del riesgo de desastres, como un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.

La Ley 1523 de 2012 en su artículo 42, establece como una responsabilidad de las entidades públicas y privadas encargadas de la prestación de servicios públicos la elaboración de análisis específicos de riesgo que permitirán el diseño e implementación de las medidas de reducción del riesgo y los planes de emergencia y contingencia. Adicionalmente, en su artículo 44 establece que el estado a través de sus órganos de control ejercerá procesos de monitoreo, evaluación y control en la gestión de riesgo de desastre, empleando para tales fines los medios establecidos por la ley, y la sociedad a través de los mecanismos de veeduría ciudadana.

Considerando lo anterior, la gestión del riesgo de desastres se establece como una política de desarrollo indispensable para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, mejorar la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades en riesgo. Por lo tanto, está intrínsecamente asociada con la planificación del desarrollo seguro, con la gestión ambiental territorial sostenible, en todos los niveles de gobierno y la efectiva participación de la población.

Adicionalmente, mediante el Decreto 1807 de 2014 se reglamenta la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial, las condiciones y las escalas de detalle necesarias para incorporar de manera gradual la gestión del riesgo en la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo de los planes de ordenamiento territorial municipal y distrital. En su artículo 3 de Estudios básicos para la revisión o expedición de planes de ordenamiento territorial, en su parágrafo 2, establece que aquellos municipios o distritos que se encuentren expuestos a amenazas por fenómenos naturales (sísmicos, volcánicos, tsunamis, entre otros) o de origen tecnológico, deben evaluarlas con base en la información disponible generada por las autoridades y sectores competentes y de acuerdo con la situación de cada municipio o distrito.



Como resultado de la adopción de la normativa actual, el análisis del contexto de los riesgos de tipo tecnológico en la ciudad de Bogotá, cuenta con medidas de planificación que permiten la inclusión de los eventos de tipo tecnológico en los procesos de gestión de riesgo, mediante el fomento de la elaboración de los análisis de riesgo, diseño e implementación de los planes de emergencia y contingencia como herramientas de soporte en los procesos de planificación territorial y la necesidad de diseñar e implementar un marco institucional a nivel distrital que permita asegurar el cumplimiento de la normativa actual en gestión del riesgo y el fortalecimiento de los procesos de Inspección, Vigilancia y Control (IVC) a los establecimientos que representan un riesgo tecnológico para la ciudad.

La reducción del riesgo debido a los fenómenos de origen tecnológico no solo radica en el control de los espacios o zonas expuestas a ciertos niveles de amenaza o de riesgo, sino también radica en el control de los desarrollos constructivos alrededor de los sistemas que potencialmente pueden ser fuentes de peligro. Este aspecto se relaciona con el control del uso del suelo en las zonas de interés de acuerdo con los resultados de análisis de riesgo y también con la generación de medidas correctivas y preventivas hacia zonas localizadas afuera de los límites de restricción o condicionamiento. En este caso se requiere el mejoramiento de las estrategias de planificación urbana considerando los riesgos tecnológicos en estas zonas. Esto implica asumir las incertidumbres dentro de las decisiones de control en los desarrollos constructivos considerando que la intensidad o magnitud esperada de los accidentes puede variar en función de características particulares tanto del sistema como del entorno.

En tales términos, es importante prever políticas de control urbano que integren la noción de riesgos tecnológicos. Esto requiere medidas preventivas en las formas de construcción y ocupación de suelo basándose no solo en características demográficas de las zonas sino también en la consideración de zonas o corredores de riesgo incluso de mayor amplitud. El conjunto de estrategias y medidas deberían ser incorporadas a través de herramientas de planificación preventiva de riesgos tecnológicos para instalaciones y sistemas que potencialmente puedan generar peligro a la comunidad.

Por otra parte, se requiere conformar un dispositivo de preparación y respuesta para la población aledaña a estas potenciales fuentes de peligro, considerando los distintos roles de los actores que toman decisiones, así como organismos operativos y población. Esto permitiría reducir las consecuencias de accidentes potenciales en las zonas aledañas a los sistemas de transporte o almacenamiento de materiales peligrosos.

Otra de las medidas territoriales recae en la negociación, expropiación y reubicación de la población localizada en corredores en alto riesgo en zonas consolidadas de la ciudad. Debe llevar a cabo una evaluación económica y técnica evaluando la óptima estrategia entre desplazar los asentamientos localizados en las franjas de seguridad o las intervenciones en los sistemas de transporte de hidrocarburos e incluso considerando el complejo industrial localizado en Puente Aranda. Esta evaluación deberá garantizar salvaguardar la franja de seguridad sin ocupación de la zona en riesgo y, por lo tanto, reducir las potenciales consecuencias para la población aledaña a los sistemas de transporte.

De otra parte, el IDIGER mediante los siguientes conceptos técnicos del programa de planes parciales, ha venido incluyendo el riesgo tecnológico en sus análisis:

- Concepto Técnico CT- 8066 – Plan Parcial Ciudadela Nuevo Salitre
- Concepto Técnico CT- 8122 – Plan Parcial El Escritorio
- Concepto técnico CT- 8144 – Plan Parcial Éxito Montevideo

Como resultado de los procesos de desarrollo y renovación urbana que está viviendo la ciudad, se ha venido incorporando temáticas relacionadas con el riesgo tecnológico en la emisión de conceptos técnicos elaborados por el IDIGER.

Considerando la necesidad de planificar el territorio de forma adecuada en relación a las amenazas presentes en el territorio, mediante un trabajo colaborativo con la Secretaría Distrital de Planeación, fueron establecidas algunas recomendaciones para los tipos de desarrollo en terrenos en desarrollo aledaños a la infraestructura de transporte de hidrocarburos emplazada en la ciudad de Bogotá, como se presenta a continuación:

Tabla 3. Recomendaciones de tipos de desarrollo permitido en las zonas de afectación

Zona (Nivel de riesgo)	Tipo de desarrollo recomendado
Interna	Equipamientos relacionados a la actividad de transporte de hidrocarburos Bodegas, zonas de almacenamiento o distribución Zonas de parqueo NOTA: En esta zona no se recomienda el desarrollo de uso residencial.
Media	Residencial. Desarrollos con densidad no mayor a 40 personas por hectárea. Servicios personales (turísticos). Recintos que incluyan máximo 100 camas o 33 tiendas de acomodación. De uso público (al aire libre). Equipamientos colectivos y deportivos recreativos, o servicios urbanos básicos, con un área total hasta 5.000 m ² . De uso público (cubierto). Equipamiento para uso público con un área total hasta 5.000 m ² . NOTA: En este nivel de amenaza se recomiendan desarrollos en donde no haya presencia constante del público y que corresponda a zonas donde no existan restricciones en la salida del público; adicionalmente se recomiendan desarrollos que no generen aglomeración de personas en un lapso de tiempo determinado
Externa	En esta zona se permite cualquier tipo de desarrollo.

De otro lado, para dar cumplimiento a la Ley 320 de 1996 y como resultado del proceso de adhesión al comité de la OECD, a nivel nacional durante el año 2016, fue aprobada por parte del Consejo Nacional de Política Económica y Social -CONPES la “Política de gestión del riesgo asociado al uso de sustancias químicas” – Documento CONPES 3868, cuyo objeto principal es el fortalecimiento en el país de la gestión del riesgo asociado al uso de sustancias químicas en todo su ciclo de vida, haciendo énfasis tanto en las sustancias químicas como en las instalaciones donde se usan (Ministerio de Ambiente, 2016).

La Política de Gestión de Riesgo Asociado al Uso de Sustancias Químicas dentro de su plan de acción presenta acciones enmarcadas en el Programa de Gestión de Sustancias Químicas de Uso Industrial (PGSQUI) y el Programa de Prevención de Accidente Mayor (PPAM). El PGSQUI tiene como propósito la protección de la vida humana y el ambiente de los efectos adversos asociados al uso de sustancias



químicas industriales y el PPAM que tiene como propósito la protección de la población y del ambiente ante escenarios de accidentes mayores, mediante la gestión del riesgo de sustancias químicas usadas en instalaciones industriales en el territorio nacional y la preparación y respuesta cuando estos ocurran (DNP, 2016).

El PPAM funcionará en las siguientes etapas:

- Recopilación y divulgación de información.
- Identificación de peligros y evaluación de riesgos.
- Manejo de riesgos.
- Inspección, vigilancia y control- IVC.

La puesta en marcha del PPAM permitirá identificar las instalaciones fijas expuestas a riesgos de accidente mayor a nivel nacional, los eventos accidentales probables (derrame, fuga, incendio, explosión), los niveles de riesgo que estas representan y las medidas de prevención y mitigación que se deben tener en cuenta para elevar la seguridad del territorio.

7.1.3 Balance general sobre las acciones enmarcadas en el plan de ordenamiento territorial vigente

A partir del Plan de Ordenamiento Territorial que trata el Decreto 190 de 2004, fueron asignadas responsabilidades a la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias – DPAE, ahora IDIGER, relacionadas con la gestión del riesgo tecnológico y la elaboración de los términos de referencia para la elaboración de los análisis de riesgos y los planes de emergencia y contingencia que debían utilizar los responsables de las instalaciones. A continuación, se listan los artículos relacionados con las responsabilidades designadas a la entidad.

Tabla 4. Articulado y balance general sobre medidas relacionadas con el riesgo tecnológico en el plan de ordenamiento territorial (POT-Decreto 190 de 2004)

Artículos del POT (Decreto 190 de 2004)	Estado actual - Balance
Artículo 142. Todas las entidades públicas y privadas que ejecuten obras de gran magnitud que tengan a su cargo el manejo de redes de infraestructura o que desarrollen actividades industriales o de cualquier naturaleza que generen amenazas de origen tecnológico, así como las que específicamente determine la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE) deberán realizar análisis de riesgos que contemplen y determinen la probabilidad de ocurrencia de desastres y contar con los respectivos planes de emergencia y contingencia.	Con la expedición del Decreto 2157 de 2017 por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523, se puede considerar que queda subsanada la responsabilidad del IDIGER de elaborar los términos de referencia. Respecto al parágrafo 2, relacionado con la

<p>Parágrafo 1. La DPAE elaborará los términos de referencia para la realización de los análisis de riesgos de origen tecnológico y para los planes de emergencia y contingencia asociados.</p> <p>Parágrafo 2. Compete a la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias la revisión del cumplimiento de los términos de referencia tratados en este artículo y, en coordinación con el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente o la entidad ambiental competente, la verificación de la implementación de los planes de emergencia y contingencia asociados.</p>	competencia del IDIGER en la revisión del cumplimiento de los términos de referencia, se ha considerado que, al no ser entidad de inspección, vigilancia y control, esta acción no es competencia del IDIGER.
Artículo 352. Las zonas industriales estarán señaladas en el plano de áreas de actividad y que la DPAE elaborará los términos de referencia para la realización de los análisis de riesgo de origen tecnológico y planes de emergencia y contingencia asociados.	
Artículo 393. Los predios localizados en zonas con amenazas de riesgo tecnológico se indica que deberán someterse a aprobación de la DPAE. Esta entidad señalará los estudios de mitigación de riesgo que deben someterse a su consideración, como requisito previo para la expedición de las licencias de urbanización y construcción, de conformidad a lo dispuesto en el Subcapítulo 6 del Título 1 y en los planos correspondientes.	
Artículo 143. El Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente y el Dirección de Prevención y Atención de Emergencias gestionaran en coordinación con el Departamento Administrativo de Planeación Distrital, la realización del Plan Zonal para el ordenamiento de la zona de Puente Aranda con base en un análisis de vulnerabilidad, riesgo y amenaza tecnológica por parte de las empresas que conforman el complejo petroquímico ubicadas en esta zona.	El IDIGER ha realizado estudios técnicos que involucran instalaciones en la zona industrial de Puente Aranda.

Fuente: Elaboración propia.

En el cumplimiento del Decreto 190 de 2004 y de las funciones misionales del IDIGER, la entidad ha promovido el desarrollo de diversos estudios relacionados con riesgos de origen tecnológico, los cuales se relacionan a continuación:

Tabla 5. Estudios relacionados con riesgos tecnológicos promovidos por el Distrito

Título	Año	Co-Autor	Alcance del estudio
Mapa de identificación de riesgos químicos de Santafé de Bogotá	1992	Consejo Colombiano de Seguridad	Recopilar y analizar los eventos tecnológicos (fuga, derrame, incendio y explosión) ocurridos en los últimos veinte años y ubicarlos en un sistema georeferenciado para el levantamiento de la mapas

			históricos por localidad.
Mapa de riesgos químicos de Santafé de Bogotá	1999	ACOTOFA	Identificar y clasificar los sistemas que representan una amenaza tecnológica de fuga, derrame, incendio y/o explosión con el fin de elaborar una base de datos de los establecimiento que correspondan a dichos sistemas para su ubicación y representación por tipo de amenazas en mapas. Diseñar y evaluar a nivel piloto un instrumento que permita clasificar e identificar el grado de riesgo de los sistemas ante capa tipo de amenaza identificada.
Evaluación cualitativa de riesgos públicos de origen tecnológico	2001	Universidad de los Andes	Identificación de metodologías cualitativas para la evaluación de riesgos públicos de origen tecnológicos en las localidades de Usaquén y Kennedy para la realización de estudios de riesgos públicos de origen tecnológico en diferentes localidades del Distrito Capital, con el fin de que sirvan como herramientas de planeación y apoyo para la elaboración de planes de contingencia y atención de emergencia
Mejoramiento en el conocimiento en Riesgo Tecnológico – Accidentes Industriales Mayores en el Distrito Capital, mediante una propuesta validada y apropiada de tecnologías basadas en modelos que permitan aportar al Distrito Capital elementos de gestión del riesgo tecnológico generado por accidentes industriales mayores.	2008	Universidad de los Andes	Identificación de metodologías cuantitativas para la estimación de las consecuencias generadas por una fuga, derrame, incendio y explosión. Elaboración de una herramienta virtual para el cálculo de radios de afectación de posibles eventos accidentales, como soporte para las entidades primeros respondientes a una emergencia.
Análisis de Riesgo Tecnológico de los Sistemas de Transporte de Hidrocarburos Denominados Jetducto y Poliducto en el Distrito Capital”.	2015	IDIGER	Elaboración del análisis de riesgo de la infraestructura de transporte Poliducto Mansilla Puente Aranda y Jetducto Puente Aranda El Dorado (cálculo de los indicadores de riesgo individual y social)

Fuente: Elaboración propia.

Cada uno de los estudios listados anteriormente, ha ayudado al mejoramiento en el conocimiento del riesgo tecnológico en la ciudad y ha servido de información para soportar la toma de decisión en términos de planificación territorial. Sin embargo, actualmente no ha sido posible la estructuración de una plataforma de información para toda la infraestructura que representa un riesgo de tipo tecnológico en la ciudad de Bogotá.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 FENÓMENOS DE ORIGEN TECNOLÓGICO

Se considera que no es necesario incluir el mapa de riesgo de origen tecnológico en el POT, ya que lo importante es que en la norma de ordenamiento territorial se promueva la aplicación de los instrumentos de gestión del riesgo relacionado con el escenario tecnológico.

La normatividad asociada a la gestión de riesgos muestra la importancia, el deber y la responsabilidad para los diferentes actores, tanto públicos como privados y a quienes se les haya delegado responsabilidad como concesionarios, contratistas, proveedores, entre otros, que potencialmente sean generadores de riesgo tecnológico, de involucrar el ciclo de la gestión del riesgo (conocimiento y reducción del riesgo y manejo de desastres), en la planificación, diseño, construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento de la infraestructura en proyectos existentes, ampliaciones o proyectos futuros.

Se recomienda asegurar el cumplimiento de estándares internacionales relacionados al diseño de la infraestructura de transporte, profundidad de los ductos, aislamientos, zonas de operación y mantenimiento, sistemas de protección de integridad de la infraestructura.

A continuación, se exponen los criterios de aceptabilidad y tolerabilidad que se recomienda tener en cuenta para la gestión del riesgo en la operación de nuevos y existentes sistemas de transporte de hidrocarburos en el Distrito Capital, así como los criterios para definir las zonificaciones de amenaza en relación la afectación potencialmente producida por los eventos adversos de origen tecnológico. Estos criterios de aceptabilidad y tolerabilidad están relacionados con el condicionamiento o la restricción del uso del suelo de la siguiente forma:

- Restricción al uso del suelo: Corresponde a la porción de suelo en el Distrito Capital en la cual no debe desarrollarse ningún tipo de desarrollo constructivo relacionado con recintos o edificaciones donde las personas residan o permanezcan constantemente, debido a las condiciones inaceptables de amenaza y riesgo de origen tecnológico. Ejemplo vivienda y comercio en zona de riesgo individual inaceptable.
- Condicionamiento al uso del suelo: Corresponde a la porción de suelo en el Distrito Capital en la cual puede desarrollarse cualquier tipo de desarrollo constructivo relacionado con recintos o edificaciones donde las personas residan o permanezcan constantemente, siempre y cuando se evidencie que debido a las condiciones no aceptables pero si tolerables de amenaza y riesgo de origen tecnológico, no se pueda ni técnicamente reducir el nivel de amenaza y riesgo hasta los criterios aceptables, pero si se mantengan durante el periodo de vida útil de los sistemas el nivel de riesgo tolerable. En todos los casos se deberá revisar la posibilidad de reducirse el nivel de riesgo a un nivel de riesgo aceptable. Ejemplo una bodega industrial en franja de riesgo entre tolerable y aceptable.
- La restricción y condicionamiento al uso del suelo igualmente puede aplicar para espacios al aire libre de acceso público (uso del suelo como parques, entre otros) o donde las personas no permanezcan constantemente y que corresponda a zonas donde no presenten restricciones en la salida del público.

9. REFERENCIAS



IDIGER. (2016). *ANÁLISIS DE RIESGO TECNOLÓGICO DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS DENOMINADOS JETDUCTO Y POLIDUCTO EN EL DISTRITO CAPITAL.*

SDS, S. D. (2014). Boletín de Seguridad Química.

SIRE. (2020). Historico de eventos SIRE. Bogotá.