



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS SOCIONATURALES

www.bdigital.ula.ve

Plan de Gestión de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos en instalaciones de almacenamiento y envasado de Gases Licuados de Petróleo (GLP). Caso de estudio: Planta "General Jose Justo Briceño Otalora" municipio Campo Elías, estado bolivariano de Mérida

Geógrafo Pablo Antonio Márquez Moreno

Mérida-Venezuela

2024

C.C. Reconocimiento

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES
CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS SOCIONATURALES

Plan de Gestión de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos en instalaciones de almacenamiento y envasado de Gases Licuados de Petróleo (GLP). Caso de estudio: Planta "General Jose Justo Briceño Otalora" municipio Campo Elías, estado Bolivariano de Mérida

www.bdigital.ula.ve

Trabajo presentado como requisito para optar al título de
Maglster Scientiae en Gestión de Riesgos Socionaturales

Geógrafo MSc. Josué Araque, Tutor

Geógrafo Pablo Antonio Márquez Moreno

Mérida, Venezuela

2024

C.C. Reconocimiento

4.2.2 Método de Degraff y Romesburg para delimitar las diferentes áreas según el nivel de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa del tipo <i>desprendimiento de rocas</i>	43
4.2.2.1 Propuesta metodológica para la valoración de los Factores Condicionantes	45
4.2.2.1.1 Factor condicionante Geomorfología	45
4.2.2.1.2 Factor condicionante Geológico-Geotécnico	47
4.2.2.1.3 Factor condicionante Gradiente de la pendiente	52
4.2.3 Proceso cartográfico para la elaboración del mapa de susceptibilidad	55
4.2.3.1 Proceso de elaboración de las diferentes salidas cartográficas (insumos cartográficos)	56
4.2.3.1.1 Mapa Topográfico	56
4.2.3.1.2 Mapa de Sectores de Pendiente	56
4.2.3.1.4 Mapa Geológico - Geotécnico	57
4.2.3.1.5 Mapa de inventario, localización y distribución del proceso geodinámico pasado <i>desprendimiento de rocas</i>	58
4.2.3.1.6 Mapa de elementos expuestos al proceso geodinámico <i>desprendimiento de rocas</i>	58
4.3 Metodología propuesta para la estimación de la distancia de recorrido del material afectado por inestabilidades, desprendimiento de rocas de la ladera frontal a instalación de servicios industriales	
Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora"	59
4.4 Metodología para evaluar la vulnerabilidad educativa-cultural, factor resiliencia del personal que labora en la instalación de servicios industriales	
Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora"	61
4.4.1 Descripción de las preguntas incluidas en la encuesta escrita que orientan el proceso de indagación de la vulnerabilidad educativa-cultura	66
4.4.2. Procedimiento para el análisis de los datos recogidos en la encuesta escrita	69
4.5 Aproximación al escenario de riesgo de desastres Natech	72
4.5.1 Condicionantes generales para evaluar un posible escenario de riesgo de desastre Natech en la instalación de servicios industriales planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora"	74
4.5.2 Criterios para identificar los posibles niveles de escenario de riesgo de desastre Natech en la instalación de servicios industriales	
planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora"	75
4.5.2.1 Escenario de riesgos de desastre Natech muy alto	75
4.5.2.2 Escenario de riesgos de desastre Natech alto.	76

4.5.2.3 Escenario de riesgos de desastre Natech moderado.	77
4.5.2.4 Escenario de riesgos de desastre Natech bajo	78

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Análisis de los factores condicionantes seleccionados para la zonificación de las diferentes áreas según el nivel de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de ladera del tipo <i>desprendimiento de rocas</i>	80
5.1.1 Factor condicionante Geomorfología.	80
5.1.2 Factor condicionante Geológico – geotécnico	88
5.1.3 Factor condicionante Gradiente de la pendiente (Procesos de inestabilidad) Componente valorado (Sectores de pendiente)	100
5.2 Resultados de las clases de susceptibilidad al proceso <i>desprendimientos de rocas</i> de la ladera frontal a la instalación de servicios industriales planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora"	103
5.3 Análisis de los resultados de la distancia de recorrido del material afectado por inestabilidades (<i>desprendimiento de roca</i>) de la ladera frontal a la instalación industrial Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora"	109
5.4 Análisis de los resultados de la vulnerabilidad educativa-cultural, factor resiliencia del personal que labora en la instalación de servicios industriales planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora"	118
5.4.1 Resultado de los análisis exploratorios descriptivos de los datos de la encuesta aplicada al personal que labora en la planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora"	121

CAPÍTULO VI. Propuesta de plan de gestión de riesgos ante posibles escenarios de riesgos de desastres socionaturales y tecnológicos identificados en la instalación de servicios industriales Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora" y sus alrededores de recibir los efectos indirectos por la interrupción del servicio de distribución de GLP

6.1 Análisis de los procesos causales del riesgo ya conocidos e identificación de los actores sociales responsables o que contribuyeron a la construcción del riesgo.	136
6.1.1 Procesos causales en la construcción del riesgo de desastres	136

6.2 Identificación de los actores institucionales responsables o que contribuyeron a la construcción del riesgo de desastres	140
6.3 Identificación de los elementos, procesos y servicios en riesgo, según los actores institucionales responsables de la construcción del riesgo de desastres	143
6.4 Análisis del peligro natural identificado y existente en el entorno que posiblemente podría afectar a los elementos expuestos, provocando una pérdida de contención del producto (GLP) y generando un evento Natech	149
6.5 Análisis de la distancia de recorrido del material desplazado (rocas-metabrechas) de la ladera frontal a la instalación de servicios industriales	
Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora"	152
6.6 Clasificación de la instalación de servicios industriales	
Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora" (elemento en riesgo) y del producto almacenado GLP	157
6.7 Descripción de los elementos internos presentes en la instalación de servicios industriales Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora"	159
6.8 Criterios para la localización de establecimientos donde se almacenan y trasiegan gases licuados de petróleo de recipientes fijos o móviles a otros recipientes fijos móviles o portátiles	162
6.9 Características del Producto (GLP), almacenado y trasegado en la instalación de servicios industriales Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora" (sistema industrial)	164
6.10. Identificación del territorio de la causalidad susceptible	164
6.11 Evaluación de posibles escenarios de riesgo de desastres socionaturales y tecnológicos - Riesgo Natech en la Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora"	170
6.12 Escenarios que permitirán demostrar los posibles daños causados por la ocurrencia de eventos Natech.	175
6.12.1 Características generales del contexto geográfico, del producto y recipiente involucrados en el accidente tecnológico.	176
6.12.2 Características del producto y recipiente involucrados en el accidente tecnológico.	176
6.12.3 Condiciones de sitio en las que se produce el proceso geomorfológico (<i>desprendimiento de roca</i>)	177
6.13. Primer posible escenario de desastre Natech	177
6.14 Segundo posible escenario de desastre Natech	180
6.15. Análisis de las condiciones generadoras de un posible evento o accidente de escalamiento en la instalación de servicios industriales	
Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora" (sistema industrial)	183

6.16 Identificación de las opciones y/o medidas orientadas para prevenir y/o mitigar escenarios de riesgos de desastres en la instalación de servicios industriales Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora" (sistema industrial)	185
6.16.1 Primera medida	186
6.16.2 Segunda medida	187
6.16.3 Tercera medida	189
6.16.4 Cuarta medida	191
6.16.5 Quinta medida	193
6.17 Medida prospectiva orientada a la reducción del riesgo identificado	195
CONCLUSIONES	198
RECOMENDACIONES	204
REFERENCIAS	208
ANEXO 1: Proyecto Suministro e Instalación de Sistema de Protección contra caída de rocas	213

www.bdigital.ula.ve

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura. 1. Situación relativa del área de estudio (nacional, estatal, municipal, parroquial). **30**
- Figura. 2 Modelo de elevación digital 3D del área de estudio. **36**
- Figura. 3. Metodología general para realizar el mapa de un posible escenario de riesgos de desastre Natech. **41**
- Figura. 4. Metodología propuesta para determinar la distancia recorrida por material procedente de inestabilidades en taludes de carretera. **60**
- Figura. 5. Encuesta escrita diseñada para valorar la vulnerabilidad educativa – cultural del personal que cumple labores en la planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora". **65**
- Figura. 6. Esquema cartográfico para obtener el mapa de posibles escenarios de riesgos Natech. **74**
- Figura 7. Distribución porcentual de la unidad litológica presente en el área de estudio. **90**
- Figura 8. Rangos de condiciones geomecánicas de la roca. **91**
- Figura 9. Distribución porcentual de los diferentes niveles de pendiente en el área de estudio. **102**
- Figura 10. Distribución porcentual de la superficie ocupada por cada una de las clases de susceptibilidad al proceso desprendimiento de rocas en el área de estudio. **103**
- Figura 11. Perfil longitudinal ladera frontal a la instalación de servicios industriales planta "Gral. Justo Briceño Otalora". (Elaboración propia). **111**
- Figura 12. Perfil longitudinal, estimación de las distancias de recorrido. **112**
- Figura 13. Posibles movimientos de un bloque de roca por un talud según el ángulo de inclinación y/o la pendiente. Dorren (2003) **113**
- Figura 14. Coeficiente de restitución y de fricción para diferentes tipos de superficies. Adaptado de Petje *et al.*(2006) **113**
- Figura 15. Percepción de los eventos que pudieran afectar negativamente a la planta, el personal y las actividades realizadas. **122**
- Figura 16. Nivel de participación en actividades institucionales de formación, para detectar, caracterizar y evaluar posibles escenarios de riesgos socionaturales y tecnológicos. **125**
- Figura 17. Conocimiento del personal sobre la existencia del plan especial orientado a la reducción de riesgos de desastre Socionaturales y Tecnológicos. **128**
- Figura 18. Conocimiento del personal sobre la promoción de acciones y prácticas efectivas

orientadas a disminuir los niveles de vulnerabilidad detectados en la instalación de servicios industriales planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora". **131**

Figura 19. Actores responsables o que contribuyeron en la construcción del riesgo de desastre en la instalación de servicios industriales Planta "Gral. Justo Briceño Otalora". **140**

www.bdigital.ula.ve

C.C. Reconocimiento

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Flanco derecho del área de estudio	81
Fotografía 2. Flanco izquierdo del área de estudio	81
Fotografía 3. Caídos en las inmediaciones de la Instalación de servicios industriales Planta "Gral. José Justo Briceño Otalora". Distancias parciales tomadas a partir de un punto fijo de referencia, en la esquina izquierda de la Planta, identificado con la flecha de color amarillo.	82
Fotografía 4. Georreferenciación del afloramiento del macizo rocoso, segmento superior.	84
Fotografía 5. Georreferenciación del afloramiento del macizo rocoso, segmento inferior	84
Fotografía 6. Afloramiento del macizo rocoso	90
Fotografía 7. Plano de falla normal	94
Fotografía 8. Fallamiento de desplazamiento vertical margen izquierdo de la berma.	94
Fotografía 9. Afloramiento del macizo rocoso	95
Fotografía 10. Trabajo de campo (estimación del número de familias de diaclasas)	95
Fotografía 11. Afloramiento del macizo rocoso localizado en la parte inferior baja	96
Fotografía 12. Afloramiento del macizo rocoso localizado en la parte inferior media	96
Fotografía 13. Trabajo de campo, área de estudio afloramiento del macizo rocoso principal (estimación del espaciamiento entre las discontinuidades)	96
Fotografía 14. Trabajo de campo, área de estudio parte intermedia e inferior (estimación del espaciamiento entre las discontinuidades)	96
Fotografía 15. Trabajo de campo, área de estudio borde o berma (estimación del espaciamiento entre las discontinuidades)	97
Fotografía 16. Área de estudio, afloramiento del macizo rocoso principal, tamaño de los bloques (grande).	98
Fotografía 17. Área de estudio, afloramiento del macizo rocoso principal, tamaño de los bloques (grande).	98
Fotografía 18. Área de estudio, parte intermedia e inferior, tamaño de los bloques (mediano).	98

Fotografía 19. Área de estudio, borde o berma, tamaño de los bloques (pequeño).	98
Fotografía 20. Área de estudio, afloramiento del macizo rocoso principal, bloques grandes de brechas o metabrechas de la formación Sabaneta.	99
Fotografía 21. Localización de los espacios ocupados por Depósito Mérida.	137
Fotografía 22. Área de estudio, flanco derecho de la ladera frontal a la instalación de servicios industriales Planta "Gral. José Justo Briceño Otalora".	151
Fotografía 23. Áreas internas de la Planta "Gra. José Justo Briceño Otalora". (De izq. a der.): área de plataforma de alivio, plataforma de llenado con los picos de llenados (al fondo) y áreas administrativas.	154
Fotografía 24. Áreas internas de la planta "Gral. José Justo Briceño Otalora": áreas de tanques N° 1 y N° 2, (margen derecho), unidad semi-remolque de flota primaria (camión de color rojo), área de patio y área de reparaciones menores y pintura (al fondo), área de bombas y compresores (margen derecha).	154
Fotografía 25. Capacidad instalada de almacenamiento del producto GLP en Planta "Gral. José Justo Briceño Otalora". Tanques de almacenamiento N° 1 y N° 2 con una capacidad efectiva de almacenamiento de 12.897 gal. ó 48, 82 m³ c/u).	159
Fotografía 26. Espacios internos de la instalación de servicios industriales Planta "Gral. José Justo Briceño Otalora". (El punto rojo en la parte posterior de la recipiente móvil de la unidad semi remolque de flota primaria, representa el área de potencial impacto del material desplazado).	178
Fotografía 26a. Espacios internos de la instalación de servicios industriales Planta "Gral. José Justo Briceño Otalora". (El punto rojo en la parte lateral del tanque (N°1) de almacenamiento de GLP, representa el área de impacto del material desprendido).	181

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1: Localización del área de estudio.	31
Mapa 2: Mapa Geológico – geomorfológico del sector Tabay – Estanques, estado Mérida.	34
Mapa 3 Inventario localización y distribución del proceso geodinámico pasado.	83
Mapa 4. Inventario localización y distribución del proceso geodinámico actual y pasado.	85
Mapa 5. Elementos expuestos al proceso geodinámico	86
Mapa 6. Condiciones geomecánicas	92
Mapa 7. Mapa geológico-geotécnico	94
Mapa 8. Sectores de pendiente.	102
Mapa 9. Susceptibilidad al proceso geodinámico desprendimientos de rocas.	104
Mapa 10. Cobertura de la tierra.	108
Mapa 11. Perfil longitudinal (área de corte)	110
Mapa 12. Localización de instalaciones de servicios industriales, orientadas al almacenamiento y/o envasado de cilindros de GLP.	139
Mapa 13. Posible área de afectación (trayectoria y alcance) del material susceptible de desprenderse; distancia de recorrido 26,91 m a partir del pie de la ladera.	156
Mapa 14. Posible área de afectación (trayectoria y alcance) del material susceptible de desprenderse; distancia de recorrido 36,81 m. a partir del pie de la ladera.	157
Mapa 15. Elementos internos localizados en la instalación de servicios industriales planta Gral "Jose Justo Briceño Otalora".	160
Mapa 16. Servicio de distribución de GLP adscrito a la instalación de servicios industriales Planta "Jose Justo Briceño Otalora"	166
Mapa 17. Ámbito territorial municipal de distribución según los diferentes niveles vulnerabilidad Social – exposición del servicio de distribución de GLP.	168
Mapa 18. Posible escenario de riesgo socionatural y tecnológico (riesgo Natech) que en la actualidad presenta la instalación de servicios industriales.	172
Mapa 19. Posible escenario de riesgo Natech (Fuga).	179

- Mapa 20. Aproximación al escenario de riesgo Natech (BLEVE). **182**
- Mapa 21. Medida preventiva (barrera dinámica-malla de triple torsión) de protección orientada a mitigar el proceso geodinámico *desprendimiento de rocas*. **187**
- Mapa 22. Medida preventiva (barrera dinámica de interceptación y absorción de impactos) de protección orientada a mitigar el proceso geodinámico *desprendimiento de rocas*. **189**
- Mapa 23. Medida preventiva (muro de contención) con contrafuerte) de protección orientada a mitigar el proceso geodinámico *desprendimiento de rocas*. **191**
- Mapa 24. Medida preventiva (muro de contención con contrafuerte) de protección orientada a mitigar el proceso geodinámico *desprendimiento de rocas*. Ubicado en la parte baja de la ladera, contiguo al canal de circulación en dirección al poblado de Jají. **193**
- Mapa 25. Medida preventiva (muro de contención con contrafuerte) de protección orientada a mitigar el proceso geodinámico *desprendimiento de rocas*. Ubicado en la parte frontal del muro perimetral de la PGJJBO. **197**
- Mapa 26. Propuesta de medidas correctivas/prospectivas orientadas a gestionar los riesgos socionaturales y tecnológicos. Caso de estudio planta de almacenamiento y envasado de GLP "Gral. Jose Justo Briceño Otalora" **197**
- Mapa 27. Nivel de vulnerabilidad educativa-cultural del personal adscrito a la instalación de servicios industriales planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora". **203**

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL ESTUDIO	4
1.1 El problema de la investigación	4
1.2 Justificación del estudio	7
1.3 Objetivos	10
1.4 Limitaciones del estudio	11
CAPÍTULO II: ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	13
2.1 Antecedentes de la investigación	13
2.2 Definiciones de términos básicos relacionados con la Gestión de Riesgo de Desastres (adaptado de Lavell, 2001; Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos, 2009; Suárez, 2022; Suárez y Niño, 2024)	18
2.3 Términos empleados relacionados con el componente industrial y del producto (GLP)	23
2.4 Marco jurídico	26
CAPÍTULO III: CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	30
3.1 Ubicación relativa nacional y regional del área de estudio	30
3.2 Ubicación relativa local del área de estudio	31
3.3 Descripción de las variables físico-naturales	32
3.3.1 Topografía	32
3.3.3 Geomorfología	35
3.3.4 Clima	36
3.3.5 Vegetación	37
CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO	38
4.1 Enfoque y diseño del estudio	38
4.2 Fases del procedimiento metodológico para determinar los niveles de susceptibilidad.	42
4.2.1 Revisión bibliográfica y cartográfica	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Capacidad y Dimensiones de los cilindros. (Revete, 2013)	25
Tabla 2. Coordenadas extremas del área de estudio.	32
Tabla 3. Clasificación propuesta para identificar las subunidades presentes en el área de estudio (Ladera frontal a la instalación de servicio industrial PGJJBO).	46
Tabla 4. Inventario del proceso movimientos de ladera (desprendimientos de rocas)	46
Tabla 5. Clasificación de los componentes del Factor Geomorfología. Ponderación de los factores condicionantes.	47
Tabla 6. Clasificación utilizada para la cualificación del factor geológico-geotécnico. Valoración de la presencia de fallas.	48
Tabla 7. Posibilidad de movimientos de masa causados por sismos.	49
Tabla 8. Clasificación utilizada para la cualificación del factor geológico – geotécnico. Valoración del grado de familias de fracturas.	49
Tabla 9. Clasificación utilizada para la cualificación del factor geológico – geotécnico. Valoración del espaciamiento entre discontinuidades.	50
Tabla 10. Clasificación utilizada para la cualificación del factor geológico – geotécnico. Valoración del tamaño del bloque en función del número de discontinuidades.	51
Tabla 11. Clasificación utilizada para la cualificación del factor geológico – geotécnico. Valoración de la resistencia a compresión simple de rocas a partir de índices de campo.	51
Tabla 12. Valoración final de los factores condicionantes Geológico Geotécnico.	52
Tabla 13. Clasificación utilizada para la cualificación del factor pendiente. Valoración del grado de inclinación.	54
Tabla 14. Valores finales de los factores seleccionados para el análisis de susceptibilidad.	56
Tabla 15: Valores empleados para el análisis exploratorio descriptivo de los datos.	70
Tabla 16. Método aditivo de rangos para estimar el nivel de vulnerabilidad total.	71
Tabla 17. Método aditivo de rangos para estimar el nivel de vulnerabilidad parcial y final.	72
Tabla 18. Resultados de la valoración del factor Geológico – geotécnico.	100

Tabla 19. Cantidad de trabajadores entrevistados por años de servicio. (Trabajadores directos de la planta "Gral. Justo Briceño Otalora"). **119**

Tabla 20. Niveles de vulnerabilidad parcial; Componente identificación de las amenazas. **122**

Tabla 21. Análisis exploratorio descriptivo de los datos de la vulnerabilidad educativa – cultural del componente *identificación de la amenaza*. **123**

Tabla 22. Niveles de vulnerabilidad parcial: Componente reducción del riesgo. Sobre la participación en actividades institucionales de formación para detectar, diagnosticar, caracterizar y evaluar posibles escenarios de riesgos de desastre. **126**

Tabla 23. Análisis exploratorio descriptivo de los datos de la vulnerabilidad educativa – cultural del componente acciones y prácticas orientadas a la reducción del riesgo. **126**

Tabla 24. Nivel de vulnerabilidad parcial, componente reducción del riesgo: conocimiento de la existencia del plan especial de reducción de riesgos de desastres. **129**

Tabla 25. Análisis exploratorio descriptivo de los datos de la vulnerabilidad educativa – cultural, componente reducción del riesgo (conocimiento de algún plan especial (institucional) de reducción de riesgo de desastre. **129**

Tabla 26. Nivel de vulnerabilidad parcial, Componente reducción del riesgo sobre la acciones y prácticas promovidas para disminuir los niveles de vulnerabilidad detectados. **132**

Tabla 27. Análisis exploratorio descriptivo de los datos de la vulnerabilidad educativa – cultural, componente reducción del riesgo, sobre las acciones y prácticas promovidas para disminuir los niveles de vulnerabilidad detectados. **132**

Tabla 28. Matriz de evaluación del riesgo de desastre de la planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora". **173**

Tabla 29. Método aditivo de rangos para estimar el nivel de vulnerabilidad final. Fuente: elaboración propia **201**

Tabla 30. Asociación pre establecida entre la categoría de la vulnerabilidad final y su correspondiente nivel de vulnerabilidad final. Fuente: elaboración propia **201**

RESUMEN

La instalación industrial Planta de llenado de Gas Licuado de Petróleo (GLP) "Gral. Jose Justo Briceño Otalora" se encuentra ubicada en un área de uso restringido (AR-2, POU, 2005), por lo que se presenta conflicto de uso normativo por el tipo de actividades que en ella se realizan: trasiego, llenado y envasado de GLP para ser distribuido a usuarios finales en los municipios Libertador, Campo Eías y Aricagua del estado Mérida. A fin de generar conciencia en torno a la construcción de nuevas oportunidades de producción y asentamiento en el territorio bajo condiciones de seguridad y sostenibilidad óptimas, se realizó un estudio de caso para determinar, por una parte, el **nivel de susceptibilidad** del evento natural movimiento de ladera del tipo *desprendimiento de rocas* que puede producirse en la ladera frontal a la instalación industrial, y por la otra, el **nivel de vulnerabilidad** frente a este evento que presentan las personas que allí laboran, así como la infraestructura, los tanques móviles y estacionarios de almacenamiento de GLP, los cilindros móviles de GLP y los vehículos de flota primaria y secundaria. Para ello, se realizaron análisis geográficos, geológicos, geotécnicos y geomorfológicos en la ladera ubicada al frente de la instalación industrial para determinar la susceptibilidad del evento natural movimiento de ladera del tipo *desprendimiento de rocas*, el cual, de suceder, pudiera convertirse en un desastre asociado a un evento natural que desencadenaría, a su vez, un desastre Natech. Asimismo, se aplicó una encuesta a una muestra de trabajadores de la instalación industrial, con el fin de determinar su vulnerabilidad ante los efectos directos o indirectos producto de eventos tecnológicos desencadenados por un evento Natech. Con los resultados obtenidos se modelaron diferentes escenarios de desastre producto de accidentes tecnológicos del tipo *fuga y explosiones*, que pueden resultar de la pérdida de contención de GLP, debido al impacto por desprendimientos de rocas. Por último, se propusieron medidas correctivas y prospectivas para gestionar los riesgos siconaturales y tecnológicos detectados en la planta de almacenamiento y envasado de G.L.P. "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

INTRODUCCIÓN

La gestión de riesgos de desastres socionaturales y tecnológicos es un ámbito interdisciplinario de gran importancia para preservar la vida en el planeta. Su ámbito de acción cubre todas las actividades del ser humano en relación con su entorno ambiental y urbano. Si bien ha habido grandes avances en relación con la investigación científica y aplicada para identificar, caracterizar, clasificar y proponer planes de acción prospectivos y correctivos ante los riesgos de desastres socionaturales y tecnológicos, la aplicación de tales planes son escasos, en especial en países de la región de América Latina. En el caso de Venezuela, la escasa acción prospectiva que hemos observado por parte de los entes responsables de ejecutarla colisiona con la abundante normativa en torno a la gestión de riesgos que se ha creado en los últimos años. Aunado a ello, es una constante la improvisación en la construcción de obras civiles (residenciales, industriales, comerciales, educativas y médico-asistenciales) en zonas de alto riesgo ante la ocurrencia de procesos naturales que pueden causar desastres agravados por el factor antropogénico.

El presente estudio es el resultado de la investigación realizada sobre dos objetos de estudio. En primer lugar, la instalación industrial de servicios de envasado y llenado de Gases Licuados de Petróleo (GLP) Planta “Gral. Jose Justo Briceño Otalora”, localizada en el sector 23 de enero de la parroquia Montalbán, municipio Campo Elías del estado Bolivariano de Mérida. En segundo lugar, la ladera frontal a la Planta, de la cual solo la separa la carretera que conecta la ciudad de Mérida con la población de Jají y sectores aledaños. La localización de la Planta “Gral. Jose Justo Briceño Otalora” frente a la ladera, de la cual ya se han desprendido rocas, hace que presente una gran vulnerabilidad.

Para determinar, por un lado, la susceptibilidad del evento natural movimiento de ladera del tipo *desprendimiento de rocas* y, por otro lado, el nivel de vulnerabilidad de los elementos expuestos ubicados en la instalación industrial (personas, infraestructura, tanques móviles y estacionarios de almacenamiento de GLP, cilindros móviles de GLP,

vehículos de flota primaria y secundaria) se realiza un estudio de caso que también es fenomenológico. Se realizan análisis geográficos, geológicos, geotécnicos, geomorfológicos y normativos que buscan integrar todos los elementos que permitan ofrecer un plan de acción orientado a la gestión de riesgos de desastres siconaturales y tecnológicos en la Planta “Gral. Jose Justo Briceño Ojalora”.

Así pues, el **Capítulo I** trata del problema del estudio, los factores que justifican su abordaje, los objetivos general y específicos y las principales limitaciones que surgieron a lo largo del proceso de investigación.

El **Capítulo II** muestra los antecedentes del estudio que se lograron localizar, dada la aparente escasez bibliográfica en torno a este tipo de estudio sobre plantas de envasado y llenado de GLP, producto peligroso, altamente volátil e inflamable. Dentro de este capítulo se muestra también una lista de términos pertenecientes a las áreas de gestión de riesgo y plantas de envasado y llenado de GLP. Asimismo, se describe el marco legal que sostiene el estudio.

En el **Capítulo III** se describe la zona geográfica del área que cubre el objeto de estudio. Para ello se caracterizan variables topográficas, geológicas, geomorfológicas, clima y vegetación.

El **Capítulo IV** describe la metodología: tipo de estudio, diseño del estudio, procedimientos, técnicas y materiales empleados en el proceso de la investigación.

El **Capítulo V** muestra los análisis y resultados derivados de la aplicación de tres métodos: heurístico y experimental para determinar variables geológicas en la ladera frontal a la instalación de la planta así como también estudiar la trayectoria del recorrido de rocas en caso de desprenderse de la ladera; método cuantitativo para determinar la vulnerabilidad social-cultural de la masa trabajadora que hace vida en la instalación industrial.

El **Capítulo VI** constituye el Plan de Acción orientado a gestionar posibles escenarios de riesgos de desastres siconaturales y tecnológicos identificados en la instalación de

servicios industriales Planta “Gral. Jose Justo Briceño Otalora” y sus alrededores. En el plan de acción se incluyen los resultados de los dos primeros métodos para crear escenarios riesgos que pudieran afectar la vida, los bienes y la continuidad del servicio de distribución de GLP a usuarios finales. También se proponen medidas correctivas orientadas a reducir la vulnerabilidad de los elementos expuestos al evento natural movimiento de ladera del tipo *desprendimiento de rocas*.

En las **Conclusiones** se retoman los resultados principales, en especial de la variable vulnerabilidad social-cultural, elemento central dentro de los planes de acción para gestionar el riesgo socionatural y tecnológico a los que se enfrentan que pueden originar eventos Natech, por su gran poder de destrucción. Por último, se ofrecen algunas **Recomendaciones** a los entes responsables del sector público para que dirijan acciones prospectivas y correctivas sobre el objeto de estudio de la presente investigación.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO I: EL ESTUDIO

En este capítulo se presenta el problema que dio origen a la investigación dentro del ámbito interdisciplinario que constituye la gestión de riesgos de desastres siconnaturales y tecnológicos. En primer lugar, se muestran los elementos que generaron la necesidad de realizar el estudio; en segundo lugar se describen factores que justifican la realización del estudio; en tercer lugar, se dan a conocer los objetivos y alcances del estudio. En último lugar se presentan las limitaciones del estudio.

1.1 El problema de la investigación

Según Allan Lavell (2001), la gestión de riesgos de desastres se refiere a un proceso social complejo a través del cual se pretende lograr una reducción de los niveles de riesgo existentes en la sociedad y fomentar procesos de construcción de nuevas oportunidades de producción y asentamiento en el territorio en condiciones de seguridad y sostenibilidad aceptable. El presente trabajo constituye un estudio de caso sobre la instalación de servicios industriales Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora" (PGJJBO, de ahora en adelante), localizada en el sector 23 de enero, de la parroquia Montalbán, del municipio Campo Elías del estado Bolivariano de Mérida. Esta instalación industrial almacena y procesa Gas Licuado de Petróleo (GLP), producto altamente inflamable; está ubicada en un área que presenta restricciones de uso, debido a condicionantes geológicos y geomorfológicos que potencialmente podrían desencadenar procesos y/o eventos físicos naturales adversos y que, a su vez, podrían potencialmente afectar y/o desencadenar accidentes tecnológicos.

Este trabajo busca generar conciencia en torno a la construcción de nuevas oportunidades de producción y asentamiento en el territorio bajo condiciones de seguridad y sostenibilidad óptimas. La norma jurídica que promueve este principio es la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), cuyo artículo 128 establece lo siguiente:

El Estado desarrollará una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo con las premisas del desarrollo sustentable que incluya la información, consulta y participación ciudadana. Una ley orgánica desarrollará los principios y criterios para este ordenamiento.

En este sentido es importante acotar que los principios que respaldan el desarrollo sustentable están orientados a generar políticas sociales, de naturaleza pública o privadas, porque buscan satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las capacidades y el desarrollo de las generaciones futuras (CRBV, 1999)

Otro instrumento legal sobre el cual se sostiene este trabajo es la Ley Orgánica de Ordenación Urbanística (LOOU) (1987), en cuyo artículo 1 se establece su ámbito de acción: “la ordenación del desarrollo urbanístico en todo el territorio nacional con el fin de procurar el crecimiento armónico de los centros poblados”. El artículo 14 ordinal 1º establece que el Ministerio del Desarrollo Urbano es el ente que debe “elaborar y establecer los planes de ordenación urbanística”. Estos planes aparecen determinados para someterse a un sistema integrado y jerarquizado (Art. 16), del cual forman parte “los planes de desarrollo urbano local”. En esta línea de ideas, el artículo 17 ordinal 4º de la LOOU contempla que forma parte de sus objetivos “determinar los usos del suelo urbano y sus intensidades, así como definir normas y estándares obligatorios de carácter urbanísticos”, para los cuales los planes de ordenación urbanística deberán contemplar, según el artículo 24 ordinal 8º, “el señalamiento de áreas donde están ubicadas instalaciones de otros servicios públicos y aquellas consideradas de alta peligrosidad, delimitando su respectiva franja de seguridad”.

Por lo anteriormente descrito es que en el presente estudio de caso nos apoyaremos en la norma proveniente del Plan de Ordenación Urbanística (POU) para el área metropolitana de Mérida-Ejido-Tabay del año 2005. El POU nos permite, en primer lugar, identificar el uso del suelo sugerido y/o señalado según la norma para el territorio que en la actualidad ocupa la instalación de servicios industriales PGJBO, con su correspondiente intensidad de

uso. En segundo lugar, nos permite identificar las áreas señaladas para la localización de instalaciones de servicios industriales orientadas al almacenamiento y procesamiento de materiales peligrosos (ejemplo, GLP). Una vez identificados estos dos criterios, evaluamos primero el conflicto de uso normativo existente en el territorio donde se localiza la infraestructura física de la PGJJBO; posteriormente, evaluamos las condiciones locales o de sitio que propiciaron la construcción social de riesgo.

La instalación de servicios industriales PGJJBO se localiza en el sector 23 de enero de la parroquia Montalbán, municipio Campo Elías del estado Bolivariano de Mérida, en Venezuela. De acuerdo con el POU de 2005, las obras civiles de la instalación de servicios industriales se localizan en áreas identificadas como ARU-2, esto es, Áreas con Severas Restricciones de Uso. El uso conforme indicado para estos espacios sugiere que se debe orientar a

espacios protectores del área metropolitana, con fuertes restricciones geológicas, geomorfológico, [sic] ecológicas e hidrológicas y elevadas pendientes, intervenidas o no, sujetas a una gran sensibilidad ambiental. Los espacios actualmente ocupados, que obedecen a las características arriba mencionadas; El estado deberá realizar un estudio de Habilitación Física, a fin de que se tomen las acciones pertinentes. Los espacios no ocupados que presentan potencialidad de ocupación, deberán estar previamente avalados por un estudio Geológico-Geomorfológico, donde la conservación de la cobertura vegetal debe ser de primera prioridad. (POU, 2005, p. 25)

Los usos permitidos para la zona donde se encuentra la instalación PGJJBO, son residenciales y turísticos, tal y como lo determina el POU (2005): Las condiciones para su uso estarán limitadas por: “Áreas con pendientes no mayores al 25 %. Densidad bruta máxima de 15 hab./Ha. En el caso del uso Turístico, la capacidad de los establecimientos se calculará en base a cuarenta (40) camas/Ha, contabilizándose 2 camas por habitación” (p. 25)

Estas condiciones restrictivas generan conflicto de uso normativo en el área ocupada por la instalación de servicios industriales PGJJBO y es lo que nos motiva la presente investigación y, al mismo tiempo, justifica la pertinencia del estudio orientado a la Gestión de Riesgos de Desastres Socionaturales y Tecnológicos.

En este sentido, es importante resaltar que el trabajo de Lobo (2007), cuyo objetivo central fue visibilizar la importancia de identificar y determinar las posibles consecuencias que podrían generar el impacto de eventos físiconaturales en instalaciones industriales que almacenan y procesan sustancias peligrosas, contribuyó a determinar, en gran medida, los objetivos que permitieron orientar la temática de nuestra investigación. Esta relación se establece por las dos consideraciones que a continuación se indican:

1. En la instalación de servicios industriales PGJJBO se almacenan, procesan y distribuyen grandes volúmenes del producto Gases Licuados de Petróleo (GLP), considerado un producto peligroso por su inflamabilidad y volatilidad.
2. La instalación de servicios industriales (infraestructura física, elementos y procesos) se localiza en un área que según la norma POU (2005), posee restricciones de uso, esto por condicionantes geológicos y geomorfológicos que potencialmente podrían desencadenar procesos y/o eventos físicos naturales adversos y que potencialmente podrían afectar y/o desencadenar accidentes tecnológicos.

1.2 Justificación del estudio

En el documento publicado por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (Suarez y Niño, 2024) para la Región de América Central, se destaca que además de la aceleración de la ocurrencia de eventos naturales por causa del calentamiento global, el de los “sistemas alimentarios, cadenas de suministro, economías y servicios sociales, están cada vez más interconectados, haciéndolos más vulnerables a un panorama de riesgos incierto” (p. 5). Tal es el caso del objeto de estudio de la presente investigación. El GLP constituye un material peligroso altamente inflamable, el cual se

trasiega y almacena en la PGJJBO para luego ser distribuido en la población de los municipios Libertador, Campo Elías y Aricagua.

No es de sorprender la ausencia de actividades preventivas por parte de las autoridades ante riesgos socionaturales que pueden desencadenar accidentes tecnológicos, a pesar del marco jurídico existente en el país. El estudio aquí presentado se justifica, en primer lugar, porque la empresa Nevado Gas S.A, que regenta la PGJJBO en comodato con PDVSA Gas Comunal, se encuentra en mora con el diagnóstico físico natural del territorio en donde se localiza la instalación de servicios industriales y sus alrededores, a fin de dar cumplimiento al artículo 25 -Planes especiales de Reducción de Riesgos- de la Ley de Gestión de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos, LGIRST (2009), de la nación.

De hacerse, este diagnóstico físiconatural podría visibilizar los elementos en los que se fundamenta el actual conflicto de uso normativo entre el uso dado al territorio (sector 23 de enero) ocupado por la infraestructura física PGJJBO y el uso sugerido y/o estipulado por la norma POU (2005). Una vez identificadas tales consideraciones, se observa que nos encontramos ante un potencial escenario de riesgo de desastre construido y ante la ausencia de medidas institucionales orientadas a gestionar posibles escenarios de riesgos de desastres socionaturales construidos, con miras a salvaguardar y proteger al personal, los elementos, los procesos y la continuidad de la prestación del servicio de distribución de GLP a usuarios finales, siendo que se trata de un servicio básico priorizado y/o línea vital.

Por estas consideraciones, se justifica el objetivo principal de la presente investigación: elaborar y presentar un plan de acción orientado a la gestión de riesgos de desastres socionaturales y tecnológicos en la PGJJBO. Así, el trabajo se enmarca en un estudio de caso de naturaleza cualitativa y cuantitativa que permitirá identificar el escenario de riesgo donde aparecen dos componentes, “la ocurrencia conjunta de un evento de origen natural con un accidente tecnológico” (Suarez y Niño, 2024), creando un escenario de riesgo Natech (por sus siglas en inglés *Natural Hazards-triggered Technological Accidents*, o Accidentes tecnológicos provocados por riesgos naturales) en el que se ve involucrada la

instalación PGJJBO junto con el personal que allí labora, los elementos, los procesos y la continuidad en la prestación del servicio de distribución de GLP.

Con el desarrollo del presente estudio de caso se aspira a resaltar la importancia que reviste impulsar iniciativas institucionales que se orienten a identificar y caracterizar posibles escenarios de riesgos contruidos en instalaciones de servicios industriales que almacenan y procesan materiales peligrosos, como el GLP. Ello con el fin último de crear de planes especiales de reducción de escenarios de riesgos de desastres, lo que permitiría, en primer lugar, salvaguardar los componentes de la cadena valor (el recurso humano, la infraestructura física, los elementos y los procesos) que permiten mantener la continuidad en la prestación de un servicio de primera necesidad (distribución de GLP) a los usuarios finales residenciales, comerciales y priorizados de los municipios adscritos al ámbito territorial de distribución de la instalación de servicios industriales PGJJBO. En segundo lugar, tales planes especiales darían cumplimiento al mandato identificado en la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos (LGIRST) del año 2009 en su artículo 25 referido a los Planes Especiales de Reducción de Riesgos:

Los entes u organismos responsables de la generación de escenarios de riesgos de índole Socionatural o Tecnológico, emprenderán de manera expedita acciones a través de planes especiales para caracterizar y disminuir los niveles de vulnerabilidad en los escenarios de riesgos contruidos en los distintos ámbitos territoriales, detectados en los diagnósticos respectivos.

Estas acciones se trasladan de alguna manera a nuestro planteamiento:

1º Evaluar las condiciones de sitio (contexto geográfico) desde el punto de vista físico natural del espacio geográfico que ocupa la infraestructura física de servicios industriales PGJJBO.

2º Evaluar los componentes internos industriales, según el tipo de actividades especializadas desarrolladas en la planta, a saber almacenamiento, trasiego de productos de unidades móviles a fijas, llenado de recipientes fijos y móviles.

3° Evaluar el impacto social de la distribución de GLP que generaría una posible interrupción de las actividades de servicios industriales desarrolladas en la PGJJBO, como consecuencia de la materialización de un accidente tecnológico que afecte el componente industrial.

Como argumento final que justifica la pertinencia del presente estudio de caso, es importante resaltar que las actividades y procesos desarrollados a lo interno de la instalación de servicios industriales tienen un alto valor estratégico, ya que la distribución de GLP constituye un servicio de primera necesidad y forma parte indisoluble del componente que permite contribuir con la seguridad alimentaria de la población que habita en los municipios que se benefician de tal distribución.

Esta realidad también se visibiliza dentro del artículo 26; de allí la importancia de honrar lo estipulado en el artículo 26 de la LGIRST (2009):

En toda edificación en la que funcionen dependencias o servicios públicos se deberá desarrollar esfuerzos para caracterizar y mitigar sus respectivos niveles de amenaza y vulnerabilidad. Será responsabilidad de las instituciones a cargo de cada uno de estos espacios coordinar e instrumentar las acciones requeridas.

1.3 Objetivos

General:

Formular propuestas orientadas a reducir posibles escenarios de riesgos de desastres que pudieran afectar la instalación física industrial de almacenamiento y envasado de GLP “General Jose Justo Briceño Otalora”, a partir de la caracterización de la susceptibilidad y de la evaluación de vulnerabilidad operativa y cultural.

Específicos:

1. Zonificar la susceptibilidad a movimientos de ladera del tipo *desprendimientos de rocas*, en base a la presencia de factores condicionantes e inventario de movimientos

de masa (procesos activos), de la ladera frontal a la instalación de servicios industriales Planta de llenado “General Jose Justo Briceño Otalora”.

2. Estimar la vulnerabilidad de los elementos expuestos: personal, infraestructura de servicios industriales, servicio de distribución de GLP, que pueden sufrir los efectos directos o indirectos producto de eventos naturales y tecnológicos.
3. Determinar las áreas de afectación producto de accidentes tecnológicos del tipo *fuga y explosiones*, que pueden resultar de la pérdida de contención de una sustancia peligrosa (GLP), debido al impacto por desprendimientos de rocas, riesgo Natech.
4. Proponer propuestas de medidas correctivas y prospectivas orientadas a gestionar los riesgos socionaturales y tecnológicos detectados en la planta de almacenamiento y envasado de G.L.P. "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

1.4 Limitaciones del estudio

A partir de nuestra experiencia y la experiencia observada en estudios anteriores similares al nuestro (Lobo, 2010; Guillén, 2020; Leon, 2022), cualquier estudio orientado a la gestión de riesgos presenta limitaciones. En este trabajo solo se mencionan tres:

1.4.1 Bibliografía escasa con estudios semejantes a la presente investigación. Se encontraron estudios sobre riesgos socionaturales pero no sobre riesgos contruidos ni sus efectos; se encontraron estudios sobre riesgos tecnológicos, pero no sobre eventos naturales que interactúen directamente con accidentes tecnológicos.

1.4.2 Acceso a informes públicos sobre accidentes tecnológicos producto de desastres asociados a eventos naturales ocurridos en los estados andinos (Táchira, Mérida, Trujillo). Desafortunadamente, no se hallaron informes sobre eventos de pequeña escala que produjeran accidentes tecnológicos, como por ejemplo, muertes o heridos, daños a infraestructuras, impacto ambiental o pérdidas económicas.

1.4.3 Uso limitado de aplicaciones computacionales. Los procesos de cálculo y modelado de elementos geográficos y geomorfológicos incluidos en el estudio se vieron afectados por la ausencia de aplicaciones recientes que agilizaran los cálculos sobre tales aspectos.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO II:

ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se muestran tres trabajos que constituyen los antecedentes del estudio que aquí presentamos. En primer lugar, se describe el trabajo de Lobo (2010), realizado en Venezuela; en segundo lugar, se presenta el trabajo de Guillén (2020), realizado en Cuba; y, en tercer lugar, el estudio de León (2022), realizado en España. En el apartado 2.2 se muestran algunos términos sobre gestión de riesgos de desastres sicionaturales con sus definiciones tal y como lo desarrollamos a lo largo del trabajo. Las definiciones de los términos han sido tomadas principalmente de Lavell (2001) y, también de la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos (2009) de Venezuela. En el apartado 2.3 se dan a conocer algunos términos relacionados con las plantas de llenado de cilindros de GLP. Las definiciones fueron tomadas parcialmente y adaptadas del trabajo de Revete (2003), sobre la seguridad industrial en plantas de llenado de cilindros de GLP. En el apartado 2.4 se muestra el marco jurídico del trabajo.

2.1 Antecedentes de la Investigación

Lobo, A (2010). **Lineamientos para la gestión de riesgos tecnológicos como elementos de sostenibilidad urbana**. Este trabajo propone un instrumento de apoyo orientado al sector industrial, a través del cual busca promover y auspiciar el fortalecimiento comunitario e institucional en el componente *gestión local de riesgos tecnológicos en instalaciones industriales*; esto con el fin de facilitar la interacción entre los diferentes actores sociales e institucionales que hacen vida en los asentamientos urbanos adyacentes al Complejo Petroquímico Morón. Este complejo se localiza en el municipio Juan José Mora del estado Carabobo, Venezuela. En la primera etapa de la investigación se construyó un marco conceptual a partir del arqueo realizado en los antecedentes relacionados con el tema de la investigación tanto nacionales como internacionales. Ello permitió como un primer aporte la construcción de un modelo teórico en materia de gestión de riesgos tecnológicos. Dentro de este modelo se desarrollan la terminología y definiciones

vinculadas con los componentes: *riesgos tecnológicos, riesgos naturales, desastre tecnológico y gestión de emergencias*. En la segunda etapa de investigación se realizaron visitas al Complejo Petroquímico Morón y a los sectores adyacentes con el fin de obtener información de los lugareños sobre la percepción de aspectos relacionados con la gestión de riesgo de desastres. En la última etapa, se evaluaron los estudios desarrollados por el equipo de investigadores del Centro Interamericano de Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), responsable de la consultoría ambiental orientada a guiar el proyecto de ampliación del Complejo Industrial. Los aportes más resaltantes obtenidos de la investigación desarrollada por Lobo fueron (1) hacer visible la poca experiencia que se tiene sobre los temas orientados a la gestión de riesgo tecnológico en instalaciones industriales en Venezuela; (2) las debilidades que se presentan en los estudios de impacto ambiental, específicamente en lo concerniente a la Norma sobre Evaluación Ambiental de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente, decreto N° 1.257. Este tipo de estudio es solicitado como requisito para la localización de nuevas instalaciones o complejos industriales en Venezuela. En este sentido, estos estudios se orientan a evaluar y prever los posibles impactos que podría generar el desarrollo de una determinada actividad sobre el medio físico natural y sobre el componente social con el fin de proponer las correspondientes medidas preventivas, mitigantes y correctivas. En este orden, Lobo indica que en dichos estudios no son valorados los escenarios de riesgos naturales y tecnológicos que podrían comprometer y afectar tanto a los elementos como a los procesos de las instalaciones industriales. Asimismo, muestra la necesidad de evaluar los posibles eventos de tipo tecnológico que pudieran ser detonados ante la ocurrencia de desastres socionaturales. Estos estudios, a criterio de Lobo, son fundamentales antes y durante los procesos de localización y ampliación de dichas instalaciones industriales. La relación que hay entre el trabajo de investigación desarrollado por Lobo con nuestro estudio de caso radica en la identificación y evaluación de impactos asociados con la ocurrencia de accidentes tecnológicos, elaboración de escenarios de riesgos tecnológicos detonados por eventos naturales apoyándose en el desarrollo de programas de

computación y el uso de sistemas de información geográfica (SIG) para identificar posibles áreas de afectación de los eventos tecnológicos.

Guillén, E (2020). **Análisis de riesgo en el área de almacenamiento de gas licuado de petróleo en la Unidad Empresarial de Base (UEB) División Territorial de Comercialización de Combustibles Matanzas y su entorno.** Este trabajo busca determinar las afectaciones sociales y económicas que se podrían generar ante la posible ocurrencia de accidentes químicos, bajo condiciones climáticas de la zona objeto de estudio. Los posibles accidentes químicos susceptibles de ocurrir en la instalación industrial de Matanzas fueron identificados a partir de los registros históricos de accidentes químicos sucedidos en instalaciones industriales de gas licuado de petróleo en diferentes lugares del mundo. En el estudio se empleó la técnica del árbol de sucesos para realizar un análisis más exhaustivo de los posibles riesgos que pudieran afectar a la instalación industrial. La investigación se desarrolló en la República de Cuba, provincia de Matanzas, en la UEB División Territorial de Comercialización de Combustibles Matanzas. El sustento teórico de la investigación se basó primero en realizar un análisis de riesgo desarrollado en dos etapas: La primera etapa orientada a identificar los peligros potenciales a lo que está expuesta la instalación industrial y la segunda etapa, orientada a evaluar las características cualitativas de los posibles peligros identificados con el fin de conformar un listado de posibles causas y efectos de cada peligro. Posteriormente, se evaluaron las diferentes técnicas de análisis cualitativos usadas en la industria química como por ejemplo: *HAZOP* (análisis de peligro y operatividad), *What If* ¿Qué pasaría si?, *HAZID* Análisis preliminar del peligro, *Pre-HAZOP*, *Checklist* Lista de revisión o chequeo, *What-if/checklist*, *Técnica de pasos*, *Revisión de seguridad*, *FMEA*, Análisis funcional de modo de fallos y sus efectos, *Taskanalysis*, *Análisis histórico*, *Tormenta de ideas*, *Relative ranking*. La autora escogió la técnica *Análisis histórico de accidentes* por dos cualidades: (1) Es la técnica más recomendada y utilizada por los expertos dentro de este ámbito; y (2) esta técnica evalúa peligros reales que ya han sucedido en instalaciones industriales. Además, empleó el *método del árbol de sucesos*, para realizar un análisis más exhaustivo de los riesgos a los que está sometido

dicha instalación industrial. Para la conformación de la base de datos de los registros históricos de accidentes ocurridos en instalaciones industriales, fueron considerados los eventos ocurridos en el mundo entre los años 1917 y 2006. Se concluyó que los accidentes más recurrentes en instalaciones industriales de gas licuado de petróleo son: fugas (accidentes de menor impacto), incendios y explosiones (accidentes de mayor impacto). La investigadora se valió del software ALOHA para estimar los distintos escenarios de riesgos y sus respectivas zonas de amenazas. Esta simulación permitió identificar las áreas donde las concentraciones del compuesto químico en el aire pueden ser tan altas que provoquen daños en la población con consecuencias mortales. Además, se aplicó el *método Probit* con el fin de estimar la población expuesta según el área y el determinado nivel de afectación (lesiones) que podría causar la exposición al riesgo tecnológico.

La relación que se establece entre el tema de investigación desarrollado por Guillen (2020) y el estudio de caso de la presente investigación es que la investigadora evalúa primero los accidentes más frecuentes posibles de suceder en instalaciones industriales que orientan sus actividades hacia el manejo del producto GLP. Luego, realiza la evaluación de elementos y procesos orientados al almacenamiento, trasiego de productos de unidades móviles a fijas, trasiego de productos de unidades fijas a móviles y el llenado de recipientes fijos y móviles. Por último, realiza un análisis de lo que la autora denomina las “áreas de atmósferas peligrosas”, a través de la herramienta tecnológica ALOHA. Así, simula las posibles zonas de amenazas y las posibles afectaciones tanto sociales como económicas que se podrían originar tanto en el complejo industrial como en los sectores adyacentes al complejo industrial.

León, A (2022). **Modelización de accidentes en una refinería de Tarragona usando ALOHA**. Este trabajo consistió en **modelar** los accidentes tecnológicos (nube tóxica sin inversión térmica, nube tóxica con inversión térmica, *jet fire*, nube tóxica con efecto dominó y BLEVE) que podrían producirse en la refinería de Repsol, localizada dentro del Complejo Petroquímico de Tarragona, polígono industrial de la Poble de Mafumet (Tarragona). La autora evaluó el marco jurídico vinculante a la legislación industrial tanto

de España como del resto de la Unión Europea con la finalidad de evaluar los apartados concernientes a la prevención y/o protección frente a los accidentes que se producen en la industria química que pudieran afectar la seguridad de las personas, bienes y medio ambiente. Los aportes teóricos de la investigación se orientaron a identificar y caracterizar los principales accidentes que podrían producirse en una planta de tratamiento de gases licuados de petróleo. Se propusieron tres categorías según la naturaleza de los accidentes, a saber, térmico, mecánico y químico. Para este último, se utilizó una segunda subcategoría de accidentes según el estado físico del producto: líquido o gas. Adicionalmente, la autora hizo un recuento histórico de los principales accidentes químicos sucedidos en España durante el siglo XX y un apartado bajo el nombre de **toxicología industrial**, en el cual analizó los posibles efectos sobre la salud que se pueden generar a partir de la exposición a ciertas sustancias químicas.

Para elaborar las simulaciones de los accidentes tecnológicos, la autora se apoyó primero en el software ALOHA para identificar las diferentes zonas de peligro posibles según el evento tecnológico modelado y establecer así la magnitud de las posibles consecuencias según el producto y las cantidades involucradas del producto Propano. Luego de los resultados previos, se apoyó en el software Google Earth con el cual permitió implantar de forma gráfica y sobre una imagen de satélite capturada del área de interés las diferentes zonas de amenaza calculadas por ALOHA.

La relación que se establece entre la investigación realizada por León y nuestro trabajo es que en ambas investigaciones se busca primero visibilizar las consecuencias de diferentes accidentes tecnológicos susceptibles de ocurrir en instalaciones industriales que almacenan y procesan gases licuados de petróleo. En ambos trabajos se emplean el software ALOHA y el sistema gráfico Google Earth. En segundo lugar, en ambas investigaciones el objetivo final es sugerir medidas orientadas a prevenir y mitigar las consecuencias generadas por la posible ocurrencia de accidentes tecnológicos en instalaciones industriales consideradas peligrosas.

2.2 Definiciones de términos básicos relacionados con la Gestión de Riesgo de Desastres (adaptado de Lavell, 2001; de la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos, 2009; Suárez, 2022; Suárez y Niño, 2024)

Uno de los mayores problemas que hemos observado en el ámbito interdisciplinario de la gestión de riesgo asociada a desastres naturales ha sido el de la disparidad en los significados de la terminología empleada.

A modo de ejemplo, el término *gestión de riesgos* se define de manera distinta en Lavell (2001), Fondonorma (2001), LGIRST (2009) e ISO (2018). Para Lavell (2001) la *gestión de riesgos* es un proceso social complejo, mientras que para Fondonorma (2001) es la capacidad de proponer la intervención consciente. En la LGIRST (2009), se agrega el calificativo “integral” para referirse al trabajo conjunto entre entidades gubernamentales y no gubernamentales; al igual que Fondonorma (2001), busca la intervención “consciente, planificada y concertada” (p.1). Para la ISO (2018), el término *gestión* equivale al término *administración* y en su definición resalta el hecho de que son actividades coordinadas, semejantes a la *concertación* utilizada en Fondonorma y LGIRST (2009). Los objetivos varían también; así, para Lavell (2001) se busca “impedir, reducir, prever y controlar”(p. 19) e incluso va más allá al ubicar la gestión de riesgo como “un enfoque y práctica que debe atravesar horizontalmente todos los procesos y actividades humanas” (p. 9). Este enfoque es *integrado*, distinto de *integral*, como así lo tratan Fondonorma (2001) y LGIRST (2009). En estos dos últimos, los objetivos son “prevenir o evitar, mitigar o reducir” a diferencia de lo que en 2001 ya había propuesto Lavell cuando dijo que la gestión de riesgos “no se reduce a, ni sustituye la idea y práctica de la llamada prevención y mitigación de desastres” (p. 10); de allí, la dificultad para asumir una sola definición.

A pesar de discrepancias como la del ejemplo antes expuesto, en este trabajo y durante la investigación nos adecuamos al marco jurídico de Venezuela, dado que se trata de la propuesta de un plan de acción orientado a la gestión de riesgos naturales que pueden llegar a afectar sensiblemente la vida humana y la sociedad.

Términos

daño: Efecto adverso o grado de destrucción causado por un fenómeno sobre las personas, los bienes, sistemas de prestación de servicios y sistemas naturales o sociales. Para los efectos del presente trabajo, el daño se refiere al grado de destrucción que pudiera causar el desprendimiento de rocas de la ladera sobre la PGJJBO.

desastre: Situación o proceso social que se desencadena como resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población, causa alteraciones intensas, graves y extendidas en las condiciones normales de funcionamiento de la comunidad; representadas de forma diversa y diferenciada por, entre otras cosas, la pérdida de vida y salud de la población; la destrucción, pérdida o inutilización total o parcial de bienes de la colectividad y de los individuos así como daños severos en el ambiente, requiriendo de una respuesta inmediata de las autoridades y de la población para atender los afectados y restablecer umbrales aceptables de bienestar y oportunidades de vida.

efectos directos: consecuencias directas de la ocurrencia de un evento o fenómeno físico, representadas usualmente por daños en personas, bienes, servicios y en el ambiente o por el impacto inmediato en las actividades sociales y económicas.

efectos indirectos: tipo de efectos que se caracterizan por impactos concatenados o posteriores sobre la población, actividades económicas y sociales o sobre el ambiente. Por ejemplo, en el presente estudio, los efectos indirectos pudieran observarse en la pérdida del servicio de distribución de GLP a la población de los municipios Libertador y Campo Elías del estado Mérida.

elementos en riesgo (expuesto): contexto social, material y ambiental representado por las personas y por los recursos, servicios y ecosistemas que pueden ser afectados por un fenómeno físico. En el estudio, los elementos de riesgo son la instalación de servicios industriales PGJJBO, los elementos internos industriales y los procesos internos que se desarrollan en la PGJJBO.

evaluación de la vulnerabilidad: proceso mediante el cual se determina el grado de predisposición al daño de un elemento o grupo de elementos expuestos ante una amenaza particular.

evento (perturbación): suceso o fenómeno natural, tecnológico o provocado por el ser humano que se describe en términos de sus características, su severidad, ubicación y área de influencia. Es el registro en el tiempo y el espacio de un fenómeno que caracteriza una amenaza. Es importante diferenciar entre un evento potencial y el evento mismo.

gestión de riesgos: proceso social complejo que incluye la planificación y la aplicación consciente y concertada de políticas, estrategias, instrumentos y medidas orientadas a impedir, reducir, prever y controlar los efectos adversos de fenómenos peligrosos sobre la población, los bienes y servicios y el medio ambiente.

intensidad: medida cuantitativa y cualitativa de la severidad de un fenómeno en un sitio específico. En el presente estudio, la intensidad se mide en los daños esperados por el tipo de movimiento de masa de ladera.

intervención: modificación intencional aplicada a las características de un fenómeno con el fin de reducir su amenaza o de las características intrínsecas de predisposición al daño de un elemento expuesto con el fin de reducir su vulnerabilidad. La intervención busca modificar los factores de riesgo, controlar o encauzar el curso físico de un fenómeno peligroso, o reducir su magnitud y frecuencia. La reducción al mínimo posible de los daños materiales mediante la modificación de la resistencia o tenacidad de los elementos expuestos es una medida estructural relacionada con la intervención de la vulnerabilidad física. Aspectos asociados con planificación del medio físico, reglamentación del uso del suelo, seguros, preparación para emergencias y educación pública son medidas no estructurales relacionadas con la intervención de la vulnerabilidad social.

líneas (redes) vitales: infraestructura básica o esencial. En el presente estudio la línea vital se halla en la instalación de servicios industriales PGJJBO.

mitigación (reducción): reducción o disminución del riesgo producto de la planificación y ejecución de medidas de intervención. La mitigación implica que existen riesgos que no son posibles de controlar en su totalidad.

Natech: accidente tecnológico desencadenado por un flujo de peligro de origen natural, como un terremoto, una inundación o una tormenta en una instalación industrial, y que implica la liberación de sustancias peligrosas, incendios o explosiones.

plan de gestión de riesgos de desastre: Conjunto coherente y ordenado de estrategias, programas y proyectos que se formula para orientar las actividades de reducción de riesgos de desastres, los preparativos para la atención de emergencias y la recuperación en caso de desastre. En el presente trabajo se propone un plan de acción ante el riesgo de desprendimiento de rocas de la ladera ubicada al frente de la instalación de servicios industriales PGJJBO.

preparación (preparativos): medidas concertadas que buscan organizar y facilitar los operativos para avisar, salvar y rehabilitar a la población en caso de desastre. La preparación se lleva a cabo mediante la organización y planificación de acciones de alerta, evacuación, búsqueda, rescate, socorro y asistencia que deben realizarse en caso de emergencia.

prevención: Medidas y acciones dispuestas con anticipación con el fin de evitar o impedir que se presente un fenómeno peligroso o para evitar o reducir su incidencia sobre la población, los bienes y servicios y el ambiente.

reducción de riesgos de desastre: Medidas compensatorias dirigidas a cambiar o disminuir las condiciones de riesgo existentes. Son medidas de prevención-mitigación y preparación que se adoptan con anterioridad de manera alternativa, prescriptiva o restrictiva, con el fin de evitar que se presente un fenómeno peligroso, como el que se estudia en el presente trabajo.

resiliencia: capacidad de un ecosistema o de una comunidad de absorber un impacto negativo o de recuperarse una vez haya sido afectada por un fenómeno.

respuesta: etapa de la atención que corresponde a la ejecución de las acciones previstas en la etapa de preparación y que, en algunos casos, ya han sido antecedidas por actividades de alistamiento y movilización, motivadas por la declaración de diferentes estados de alerta. Corresponde a la reacción inmediata para la atención oportuna de la población.

riesgo: probabilidad de que se presente un nivel de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un período de tiempo definido. Se obtiene de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

riesgo construido: condición generada por el Estado, el sector privado o la sociedad en general que pudiera causar o potenciar desastres de carácter socionatural o tecnológico.

sistema de gestión de riesgo de desastre: Organización abierta, dinámica y funcional de instituciones y su conjunto de orientaciones, normas, recursos, programas y actividades de carácter técnico-científico, de planificación, de preparación para emergencias y de participación de la comunidad cuyo objetivo es la incorporación de la gestión de riesgos de desastre en la cultura y en el desarrollo económico y social de las comunidades.

sistema integrado de información: base de datos sobre amenazas, vulnerabilidades y riesgos, de vigilancia y alerta, de capacidad de respuesta y de procesos de gestión, al servicio de las instituciones y de la población. Es fundamental para la toma de decisiones y priorización de las actividades y proyectos de gestión de riesgos.

vulnerabilidad: Factor de riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza correspondiente a su predisposición intrínseca de ser afectado, ser susceptible a sufrir un daño y de encontrar dificultades en recuperarse posteriormente. Corresponde a la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un fenómeno peligroso de origen natural o causado por el hombre se manifieste. Las diferencias de vulnerabilidad del contexto social y material expuesto ante un fenómeno peligroso determinan el carácter selectivo de la severidad de sus efectos.

2.3 Definiciones de términos básicos relacionados con el componente industrial y del producto GLP (adaptado de Norma 704, 1960; Revete, 2003)

Gas Licuado de Petróleo (GLP): mezcla de hidrocarburos gaseosos a temperatura y presión ambiental, mantenida en estado líquido por aumento de presión y/o descenso de temperatura. Esta mezcla está compuesta principalmente de propano, butano y en algunos casos puede contener propileno y butileno.

planta de llenado: instalación física industrial autorizada para tal fin para el almacenamiento, envasado y venta de Gases Licuados de Petróleo (GLP) en cilindros y a granel a distribuidores, estaciones de servicio y a consumidores finales por medio de personas jurídicas autorizadas, de acuerdo con normas técnicas. La instalación industrial planta de llenado de GLP “Gral. Jose Justo Briceño Otalora” es objeto de estudio en el presente trabajo.

Clasificación de plantas de llenado según su capacidad:

Planta Tipo 1: Comprende las plantas de llenado de GLP provistas de tanques de almacenamiento cuya capacidad total no sea mayor de 113,55 M³ (30.000 Galones USA o 714,28 Bls) de agua. La instalación industrial PGJJBO se ubica dentro de esta clasificación.

Planta Tipo 2: Comprende las plantas de llenado de GLP provistas de tanques de almacenamiento, cuya capacidad total sea mayor de 113.55 M³ (30.000 galones USA o 714,28 Bls) de agua y menor de 500 M³ (132.100 galones USA o 3145 Bls) de agua.

Planta Tipo 3: Comprende las plantas de llenado de GLP provistas de tanques de almacenamiento cuya capacidad total sea mayor de 500 M³ (132.1000 galones USA o 3145 Bls) de agua.

Distribución de áreas de una planta de llenado

Independientemente de su capacidad, todas las plantas de llenado están constituidas por las áreas siguientes:

- **Área de almacenamiento, bombas y compresores:** Es el sitio o local donde se almacena el GLP, de acuerdo con la ubicación de los tanques de almacenamiento, con la sala de bombas y compresores para las operaciones de trasiego.
- **Área de llenado:** Espacio donde se efectúa el llenado y salida para la distribución de los cilindros. También es el área donde se realizan las operaciones de control de la hermeticidad, inspección visual y peso de dichos recipientes.
- **Locales de servicio:** En estas áreas se encuentran: taller de reparación y pintura de recipientes, garaje, oficina de materiales de limpieza, oficinas y vestuarios.
- **Área Administrativa:** En esta área donde se desarrollan las actividades de control y seguimiento de las actividades administrativas realizadas en la Planta, tanto para el personal que labora, como para la recepción y el despacho del suministro.

recipientes: Contenedores a presión, diseñados, contruidos y autorizados para almacenar y/o transportar Gases Licuados de Petróleo (GLP).

cilindro: Recipiente hermético, transportable, de capacidad no mayor de 120 litros de agua y de una altura máxima de 1,5 mt. Debe ser construido siguiendo las especificaciones de las normas técnicas vigentes.

capacidad del cilindro: volumen de agua, en estado líquido, que puede contener el cilindro a temperatura de 15,6 °C (60 °F).

tara del cilindro: Especificación marcada con troquel sobre el casquete o semicápsula superior o en el protector que va soldado al recipiente correspondiente en su peso vacío, sin pintar y sin incluir el peso de la multiválvula.

Clasificación de los cilindros:

Los cilindros referidos al almacenaje de Gas Licuado de Petróleo se clasifican en los siguientes tipos:

Tipo I: Cilindro recto, formado por un cuerpo y dos casquetes semielipsoidales con relación de ejes de 2:1, un acople, un protector y una base de sustentación.

Tipo II: Cilindro recto, formado por dos partes semicapsuladas, soldadas circunferencialmente, un acople, un protector y una base de sustentación. Los extremos de la semicápsula deben tener forma semielipsoidal con una relación de ejes de 2:1.

Capacidad y Dimensiones de los Cilindros

Tabla 1. Capacidad y Dimensiones de los cilindros. (Revete, 2013)

Cilindro	Contenido de GLP (Kg)	Volumen de agua (L)	Diámetro Interior (d) (mm)		ha (mm)	hb (mm)	hp (mm)	R ₁ (%)	R ₂ (%)
			Mínimo	Máximo				Mínimo	
TIPO I	18	43+5%	304	308	25	40	125	55	75
	43	108+5%	367	372	25	78	125	75	95
TIPO II	10	24+5%	304	308	25	40	125	55	75
	18	43+5%	304	308	25	40	125	55	75

Donde:

ha: altura mínima entre el fondo del cilindro y el plano de apoyo de la base de sustentación en milímetros (mm).

hb: altura mínima de la base de sustentación en milímetros (mm).

hp: altura mínima del protector soldado en milímetros (mm).

R₁: relación entre el diámetro del protector y el diámetro del cilindro.

R₂: relación mínima entre el diámetro de la base de sustentación y el diámetro del cilindro.

acople: pieza de forma circular que presenta orificio central con rosca cónica para gas. Esta va soldada al recipiente y sirve para incorporar la multiválvula al cilindro.

base de sustentación: aro soldado en el extremo inferior que impide el roce del fondo del cilindro con el piso.

protector: aditamento soldado a la parte superior del cilindro, cuya función es la de proteger la multiválvula.

tanque estacionario: Recipiente de almacenamiento para GLP con capacidad mayor a 120 litros (0,120 m³) de agua a 60°F y para uso indefinido en una ubicación en particular. El tanque estacionario debe contener los siguientes equipos de control: válvula de llenado, válvula de servicio, válvula de seguridad, válvula de exceso de flujo, indicador de nivel rotativo (flotante o magnético), medidor de presión (manómetro presente solo en tanques desde 500 Galones o 1900 lt en adelante), válvula de retorno de vapor, válvula de trasiego de líquido, indicador de nivel de tubo fijo o de máximo llenado, termómetro, sistema de enfriamiento (solo para tanques con capacidad total mayor a 2000 Galones o 7600 litros).

tanque superficial: Recipiente fijo que contiene GLP, cuyas paredes, excepto la base, están libres de contacto con cualquier material sólido que no forme parte del revestimiento o de los accesorios del recipiente.

2.4 Marco jurídico

La gestión de riesgo de desastres socionaturales y tecnológicos requiere de la aplicación de políticas, estrategias y recursos principalmente por parte de los organismos públicos que cuentan con la experticia, la maquinaria, la experiencia derivada de desastres ocurridos anteriormente y, sobre todo, de personal que debe estar capacitado para prevenir, reducir o corregir escenarios de riesgo de desastres. En el presente estudio de caso, el objetivo principal es formular propuestas correctivas estructurales y no estructurales derivadas de la caracterización de la susceptibilidad y de la evaluación de vulnerabilidad social que orienten la gestión de los riesgos socionaturales y tecnológicos en la planta de almacenamiento y envasado de GLP “General Jose Justo Briceño Otalora”. Para llegar a formular las propuestas, nos basamos en diferentes leyes y normas.

La Constitución Nacional de la República Bolivariana de Venezuela (CRBV, 1999) constituye la referencia principal que rige las leyes y las normas que sustentan nuestra propuesta. El

artículo 55, incluido en el Capítulo III referente a los Derechos Civiles, indica que “toda persona tiene derecho a la protección por parte del estado (...) frente a situaciones que constituyan amenazas, vulnerabilidad o riesgo para la integridad física de las personas, sus propiedades (...)”. Posteriormente, el artículo 127 incluido en el Capítulo IX referente a los Derechos Ambientales, expresa que “Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado” (el subrayado es nuestro). El artículo 128, ya mencionado en la sección Problema de la Investigación del Capítulo 1, incluye la realidad geográfica dentro de la política de ordenación del territorio, la cual debe ser informada a la población. En dicho artículo se ordena la creación de una ley orgánica sobre ordenación del territorio; sin embargo, el mandato de la CRBV está aún sin cumplir. De hecho, la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio vigente es la ley promulgada y publicada en 1983 (LOOT, 1983). Como vemos, la CRBV señala expresamente el deber que tiene el estado de proteger la integridad de las personas ante situaciones de riesgo porque tienen derecho a estar en ambientes seguros, de los cuales los territorios y espacios geográficos forman parte importante.

La Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos (LGIRST, 2009) es la segunda Ley que nos orienta en las actividades propias de la investigación por estar íntimamente ligada a la naturaleza del trabajo. Ofrece definiciones pertinentes sobre conceptos que se manejan, como *riesgo construido*, dado que la instalación industrial PGJJBO es un elemento expuesto al impacto por desprendimiento de rocas de la ladera ubicada al frente de la instalación, la cual ocupa un espacio no apto a las actividades que en ella se realizan.

La Ley Orgánica de Ordenación Urbanística (LOOU, 1987) está relacionada también con el presente estudio, principalmente en lo concerniente a la planificación urbanística de alcance nacional, en su artículo 25, ordinal 8 que ya citamos en el Capítulo 1 porque en él se expresa que las áreas donde se ubican instalaciones que manejan materiales peligrosos deben estar debidamente señaladas. La instalación industrial PGJJBO maneja el GLP,

producto peligroso rotulado como gas inflamable (inestable), tal y como aparece en la Norma COVENIN 2670 (2001), titulada “Materiales peligrosos. Guía de respuestas de emergencia”.

De la LOOU (1987) pasamos al Plan de Ordenación Urbanística del Área Metropolitana de Mérida-Ejido-Tabay (POU, 2005), en el cual no se registran instalaciones industriales del tipo plantas de llenado de GLP, ni públicas ni privadas. Sin embargo, el espacio geográfico donde se encuentra la PGJJBO coincide con las características propias de un área ARU-2, es decir, Área con Severas Restricciones de Uso (p. 25).

Como lo indicamos al principio de este trabajo, esta instalación industrial está regentada por la empresa del estado, Nevado Gas S.A, adscrita a la Gobernación del estado Mérida. El GLP que llega a la planta de llenado PGJJBO es transportado por la flota primaria de PDVSA Gas desde las fuentes primarias de suministro ubicadas en Ulé y Bajo Grande (estado Zulia), en conjunto con la flota primaria de la empresa Nevado Gas, S.A. Antes de 1998, todo el acarreo de producto GLP desde las fuentes de suministro estaba en manos de la empresa privada. En 1998, se integró a PDVSA Gas “las operaciones de transporte y distribución de gas en todo el país” (PDVSA Gas, s.f.). En 1999 se promulga la Ley Orgánica de Hidrocarburos Gaseosos, la cual determina el marco legal “para sustentar el negocio de gas en toda la cadena de valor” (PDVSA Gas, s.f.). En 2007 se creó la operadora PDV (Poder de Distribución de Venezuela) Gas Comunal S.A., la cual fue la encargada de la subdistribución de GLP a los usuarios finales (residencial, comercial, industrial, médico-asistencial y educativo). Esta operadora sustituyó, en el caso del eje metropolitano de Mérida y eje páramo, a la operadora Vengas S.A. La figura comercial del área donde ahora se encuentra la PGJJBO tenía el nombre de Depósito Mérida, la cual no era una planta de llenado de GLP, sino un depósito para almacenamiento de cilindros móviles y la pernocta de unidades de la flota secundaria. De depósito pasó a planta de llenado en el año 2016 sin que se hubiese llevado a cabo inspección alguna o evaluación preliminar de la condición del sitio, de acuerdo con información recibida en el Cuerpo de Bomberos del

estado Bolivariano de Mérida, Delegación Campo Elías y Bomberos Mérida (J. Zerpa, 27 de mayo de 2024, comunicación personal).

En este capítulo se presentaron los antecedentes del estudio, las definiciones -en su mayoría adaptadas de diferentes fuentes- de los términos más representativos del estudio y, en último lugar, el marco legal sobre el cual se sustentaron las razones ante los responsables institucionales sobre la importancia de realizar la investigación.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO III

CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Ubicación relativa nacional y regional del área de estudio

El área objeto de estudio se localiza en La República Bolivariana de Venezuela, estado Bolivariano de Mérida, municipio Campo Elías, parroquia Montalbán. Limita al norte con el sector Loma de los Ángeles, parroquia Montalbán del municipio Campo Elías; al sur con la Urb. Campo Claro, parroquia Osuna Rodríguez del municipio Libertador; al este con el sector Los Curos, parroquia Osuna Rodríguez del municipio Libertador; y al oeste con el sector Salado Alto, parroquia Matriz del municipio Campo Elías (Fig. 1).

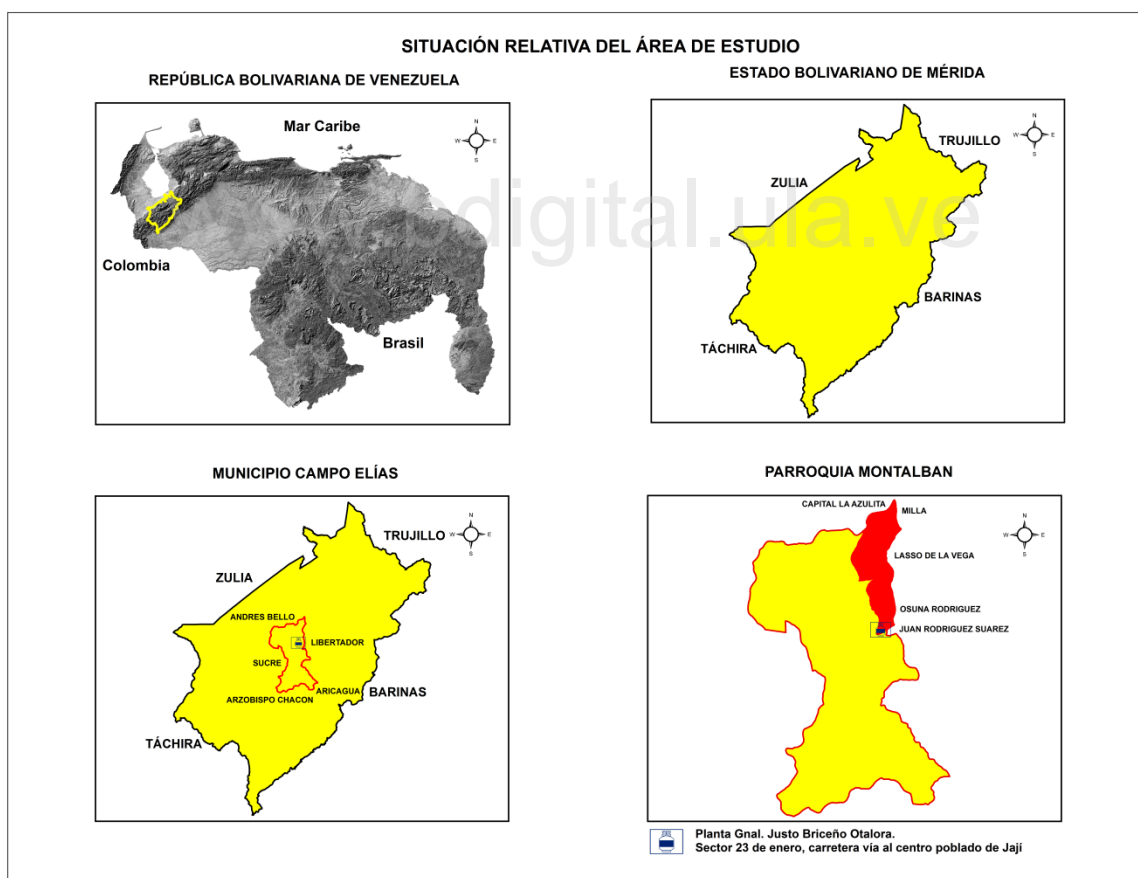
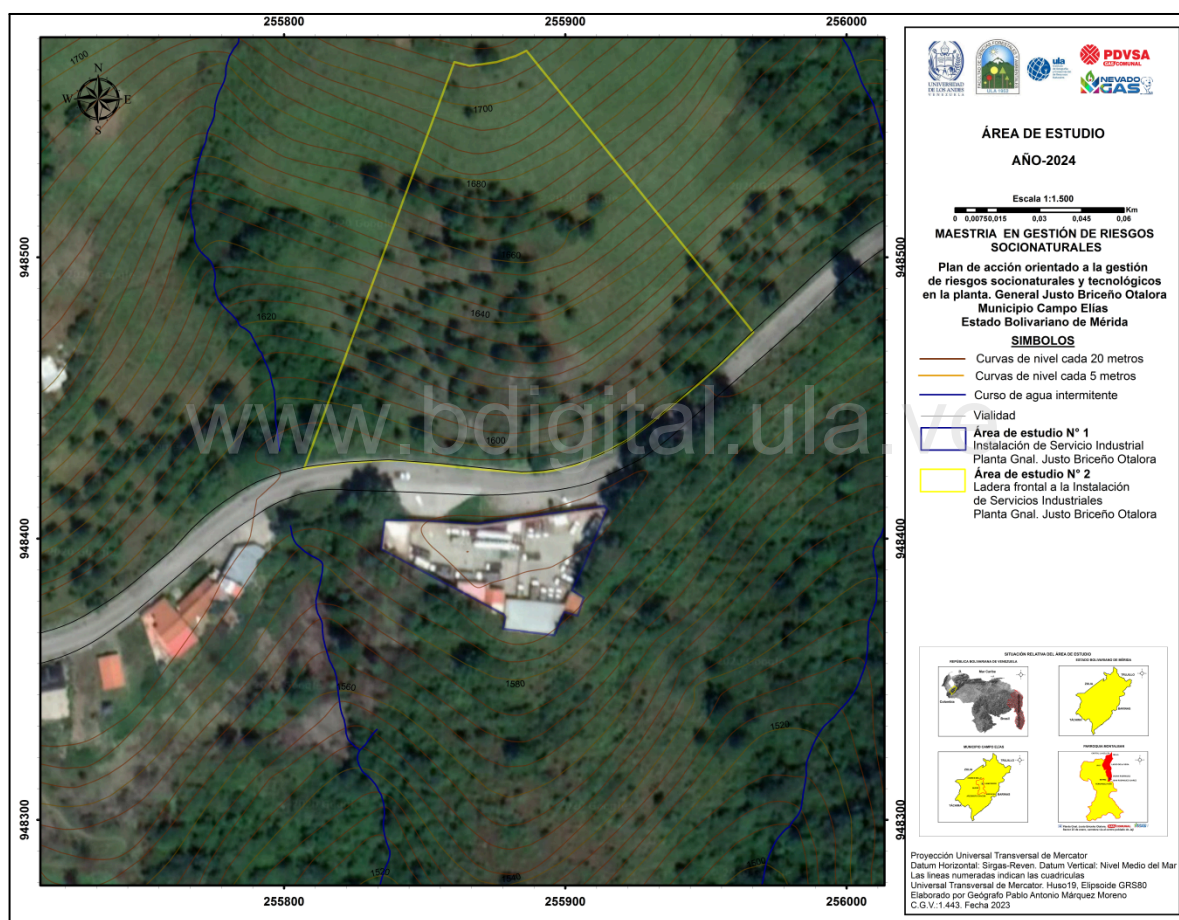


Fig. 1. Situación relativa del área de estudio (nacional, estatal, municipal, parroquial).

3.2 Ubicación relativa local del área de estudio

El área de estudio se localiza en los Andes Venezolanos, vertiente derecha de la cuenca del río Chama (Sierra de la Culata), específicamente en el centroide del territorio perteneciente al estado Bolivariano de Mérida. Desde el punto de vista político administrativo, se ubica en el municipio Campo Elías, parroquia Montalbán, sector 23 de enero, en la vía que conduce hacia el centro poblado de Jají en sentido Mérida-Jají, como se puede identificar en el Mapa 1.



Mapa 1: Localización del área de estudio.

A continuación, se presentan las coordenadas que forman la cuadrícula del área de estudio (Tabla 2).

Tabla 2. Coordenadas extremas del área de estudio.

PUNTOS EXTREMOS	COORDENADAS UTM DATUM REGVEN 1980	
	METROS NORTE	METROS ESTE
1	948277,63	255713,84
2	948577,63	255713,84
3	948577,63	256013,02
4	948277,63	256013,02

3.3 Descripción de las variables físico-naturales

3.3.1 Topografía

El área objeto de estudio en su contexto general se encuentra enclavada en un relieve de tipo montañoso, inserto en el sistema orogénico de la cordillera de los Andes venezolanos (Medina et al., 2012), específicamente en la vertiente izquierda del río Chama - Sierra de la Culata. En su contexto local o micro relieve, se pueden apreciar tres formas del relieve bien diferenciadas, cuyos orígenes están relacionados tanto a procesos naturales (levantamiento y erosivos) como a acciones antrópicas, los cuales pasaremos a describir a continuación: La primera forma del relieve que se identifica a continuación se localiza (vista) de frente a la instalación de servicios. Esta se corresponde con un relieve de montaña (ladera), caracterizada por presentar una topografía abrupta, cuyas pendientes se encuentran en mayor proporción entre los rangos *inclinada* (30°- 45°) y *fuertemente inclinada* ($\geq 45^\circ$). Este área abarca una extensión de 1,41 ha. La segunda forma del relieve (microrelieve) identificado se encuentra localizado en la zona intermedia de la ladera antes descrita. En este área se puede observar un cambio abrupto de la pendiente, lo que dio origen a una *berma*. Este microrelieve de origen natural abarca un área (144 m²) de aproximadamente 8 metros de ancho por 18 metros de largo, que muy posiblemente es por donde discurre un plano de falla de tipo normal. Allí las pendientes caen

abruptamente hasta adquirir pendientes que se encuentran en el rango de ligeramente inclinadas (0° a 15°). La tercera y última forma del relieve se localiza al pie de la ladera. Esta forma del relieve se corresponde con una terraza de base ancha de origen antrópico, producto del corte realizado a la ladera durante la proyección de la vía que comunica la ciudad de Mérida con el centro poblado de Jají.

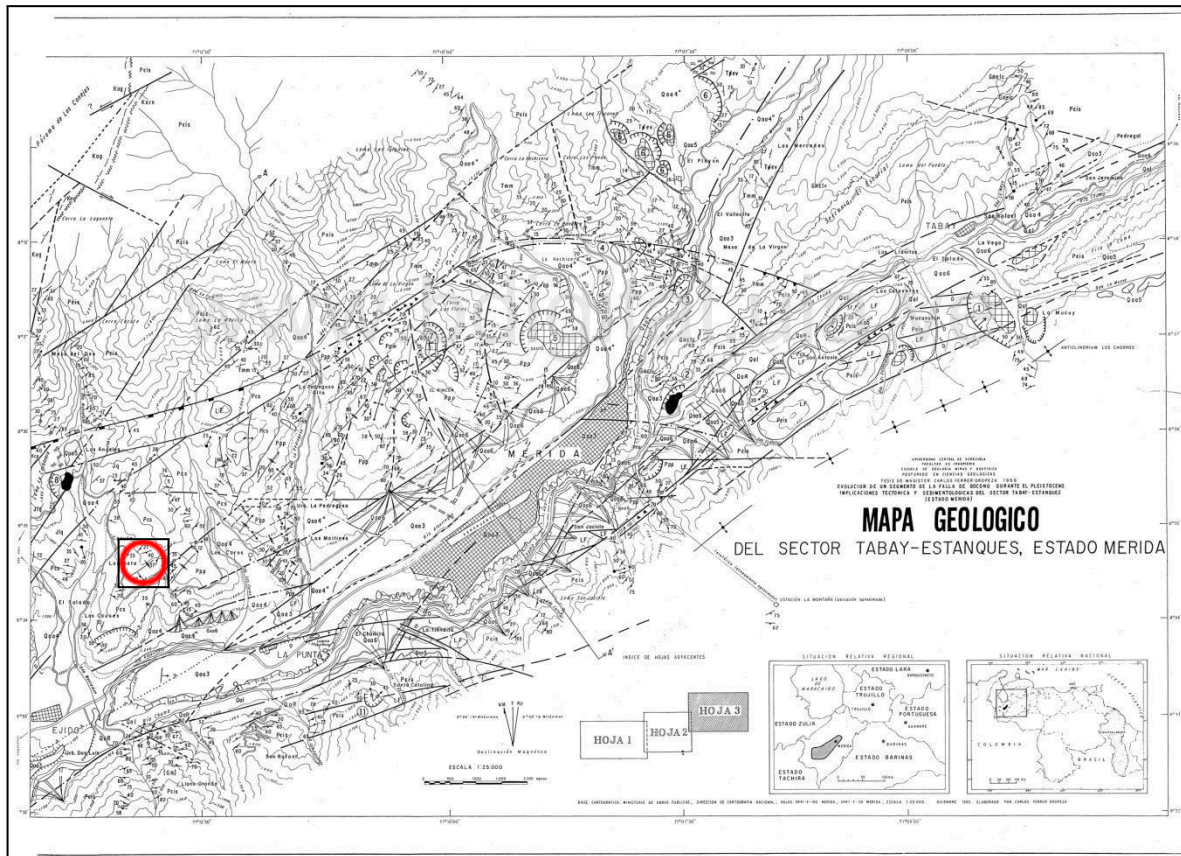
A continuación describiremos en detalle cómo fue ocupada esta forma de relieve (*terrazza de base ancha*). Hay un primer tramo de 9 metros contiguo al pie de la ladera, sobre el cual se sitúa la calzada de la carreta de dos canales que comunica el centro poblado de Jají con el municipio Libertador del estado Bolivariano Mérida. Adyacente a este tramo en una franja de 50 metros de ancho aproximadamente se localiza el estacionamiento y la infraestructura física donde se localiza la obra civil, planta de servicios Industriales "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

La cota de mayor altitud en el área objeto de estudio es de 1.715 m.s.n.m que corresponde a la altitud más al norte de la ladera o parte superior del área de estudio; mientras que la elevación de menor altitud corresponde a la cota de 1.595 m.s.n.m, que se sitúa a lo largo de la terraza de base ancha descrita anteriormente, tal como se puede identificar en el Mapa 1.

3.3.2 Geología

La composición, propiedades, estructura y dinámica del material litológico presente en el área de estudio se encuentra influenciada notoriamente por el Sistema de Fallas de Boconó, y fallas menores o secundarias que se localizan en las adyacencias de esta. Ejemplo de ello lo representa el plano de falla que se localiza en la parte intermedia de la ladera objeto de estudio, el cual es reflejado en el mapa geológico del sector Tabay-Estanques, estado Mérida (Mapa 2). Esta cartografía fue elaborada por el profesor Carlos Ferrer en 1996, y posteriormente identificada y corroborada en investigación de campo con la asistencia y opiniones de los expertos.

Por su parte, Medina *et al.* (2015) indican que la Formación Sabaneta (Paleozoico), se localiza en Mérida, en la parte alta de Loma Los Maitines, urbanización J.J Osuna (Los Curos) y estribaciones adyacentes en Ejido en el sector Loma de Los Ángeles (área de estudio). En las adyacencias de la ciudad de Mérida se exhibe un metamorfismo de bajo grado, que se evidencia en los niveles de pizarra y filitas. Litológicamente se encuentra conformada por metaconglomerados de color violeta, brechas o metareniscas de la formación Sabaneta. A continuación se muestra el Mapa 2, el cual es un mapa geológico del sector Tabay – Estanques, estado Bolivariano de Mérida. En el círculo rojo podemos identificar el área de la presente investigación.



Mapa 2: Mapa Geológico – geomorfológico del sector Tabay – Estanques, Estado Mérida.

3.3.3 Geomorfología

En su contexto general, lo que hoy ocupa el eje metropolitano de Mérida (municipios Campo Elías, Libertador y Santos Marquina) particularmente presenta varios tipos de unidades de relieve, que han sido originados producto de la interacción de la tectónica en primer lugar; del régimen de depositación, en segundo lugar; y de la respuesta de las formaciones geológicas ante los procesos de geodinámica interna y externa (Medina et al., 2015), en tercer lugar.

En el área objeto de estudio se pueden identificar dos unidades geomorfológicas: La primera unidad (contexto general) se corresponde con la unidad (geomorfológica) *ladera*. Esta unidad es distintiva de paisajes montañosos representativos de los Andes venezolanos (Sierra de la Culata). La segunda unidad geomorfológica o forma del terreno que se encuentra presente en el área de estudio tiene su origen en la intervención antrópica (corte de la ladera), lo que generó un relieve del tipo terraza de base ancha. En esta forma del relieve (terrazza de base ancha) se proyectó en un primer momento la vialidad que comunica la población de Jají con el municipio Libertador de Mérida y contigua a esta se localiza en la actualidad la infraestructura física que hoy alberga a la instalación de servicios industriales PGJJBO. Tal como se puede visualizar en la Fig. 2 (modelo de elevación digital en 3D), vista de frente de derecha a izquierda el polígono No. 1 (color rojo) se corresponde con la instalación de servicios industriales PGJJBO; el polígono amarillo, que se encuentra al frente del anterior se corresponde al área de estudio N° 2, (ladera frontal a la instalación de servicios industriales anteriormente identificada). Seguidamente, el segundo polígono (color rojo) se corresponde con la instalación de servicios industriales planta Busgas. El tercer polígono (color rojo) se corresponde con el depósito de la operadora Mérida Gas y cierra el cuarto polígono (color rojo) con el área que ocupaba la instalación física (depósito) de la operadora Mattera gas.

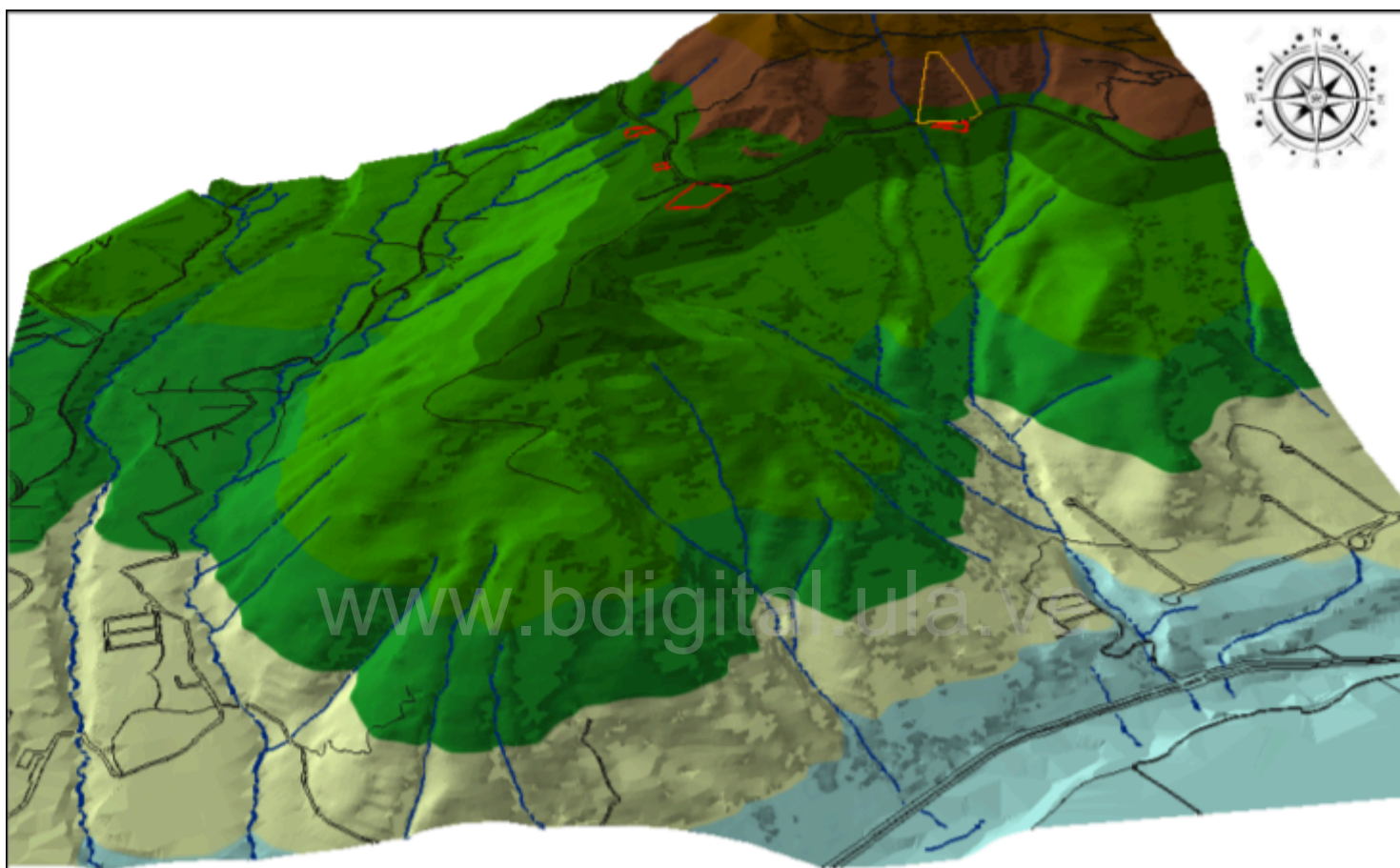


Fig.2: Modelo de elevación digital 3D del área de estudio.

3.3.4 Clima

Según Silva (2010), Mérida baja posee un Clima fresco con temperaturas que oscilan entre 18,0 a 22,9 °C. Los climas de piso fresco son propios de todos los sistemas montañosos del país, en fondos de valle, vertientes o altiplanicies. En este piso mesotérmico ya es notoria la influencia de la altitud como agente moderador del clima tropical. El patrón pluviométrico es considerado como moderadamente lluvioso (1.200 a 1.799 mm/año);

Presenta un patrón con un régimen máximo bianual, es decir una estación semiseca o seca y otra lluviosa, con un máximo después de cada equinoccio.

3.3.5 Vegetación

El área de estudio se encuentra cubierta por una vegetación del tipo matorral, arbustal y plantación de pino Oocarpa. Esta vegetación es sometida periódicamente a quemas no controladas, producto de incendios de vegetación recurrentes en la estación semiseca o seca del año.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1 Enfoque y diseño del estudio

Si entendemos que la gestión de riesgos implica en sí misma identificar, analizar y aplicar/proponer estrategias y medidas que actúen de manera preventiva, correctiva y reductiva (Lavell, 2001; Keipi *et al.*, 2005), el presente estudio, es pues, de gestión de riesgos por los siguientes elementos:

1. Identificación del riesgo: Área donde se encuentra ubicada la Planta de llenado de GLP “Gral. Jose Justo Briceño Otalora” y ladera frontal a la planta.
2. Análisis: (a) áreas de la ladera frontal a la PGJJBO; (b) posible distancia de recorrido de movimientos de masa tipo desprendimiento de rocas de la ladera frontal a la PGJJBO; (c) determinación de la vulnerabilidad educativa y cultural del personal que labora en la PGJJBO.
3. Aplicación: Plan de acción orientado a la aplicación de medidas preventivas y correctivas.

El presente trabajo de investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto, definido por Chen (2006 en Hernández Sampieri *et al.*, 2014) como “la integración sistemática de los métodos cuantitativo y cualitativo en un solo estudio con el fin de obtener una fotografía más completa del fenómeno” (p. 534). Desde el punto de vista de su diseño, el estudio constituye un estudio de caso. Asimismo, al ser un estudio de caso, el diseño de esta investigación es también fenomenológico (Hernández Sampieri *et al.*, 2014), porque busca investigar el fenómeno natural como es la susceptibilidad que depende de las condiciones locales de la ladera.

Mertens (2010, p. 386, en Hernandez *et al.*, 2014) señala que la muestra en los estudios de caso puede llegar a ser hasta una sola unidad de análisis. En este estudio de caso, son dos

los elementos de análisis: los elementos expuestos (la PGBJO y los trabajadores de la Planta) y la ladera frontal a la Planta.

Para alcanzar los objetivos propuestos se emplearon tres métodos distintos, dado que buscamos determinar la complejidad del fenómeno y determinar particularidades del riesgo asociado a desastre natural del tipo movimiento de ladera (desprendimiento de rocas).

Método heurístico

Se aplicó el método heurístico propuesto por Degraff y Romesburg (1998, en Ayala *et al.*, 2015), empleando el análisis de factores combinados con el objetivo de delimitar las diferentes áreas de la ladera frontal a la PGJJBO según el nivel de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de ladera del tipo desprendimiento de rocas.

Método experimental

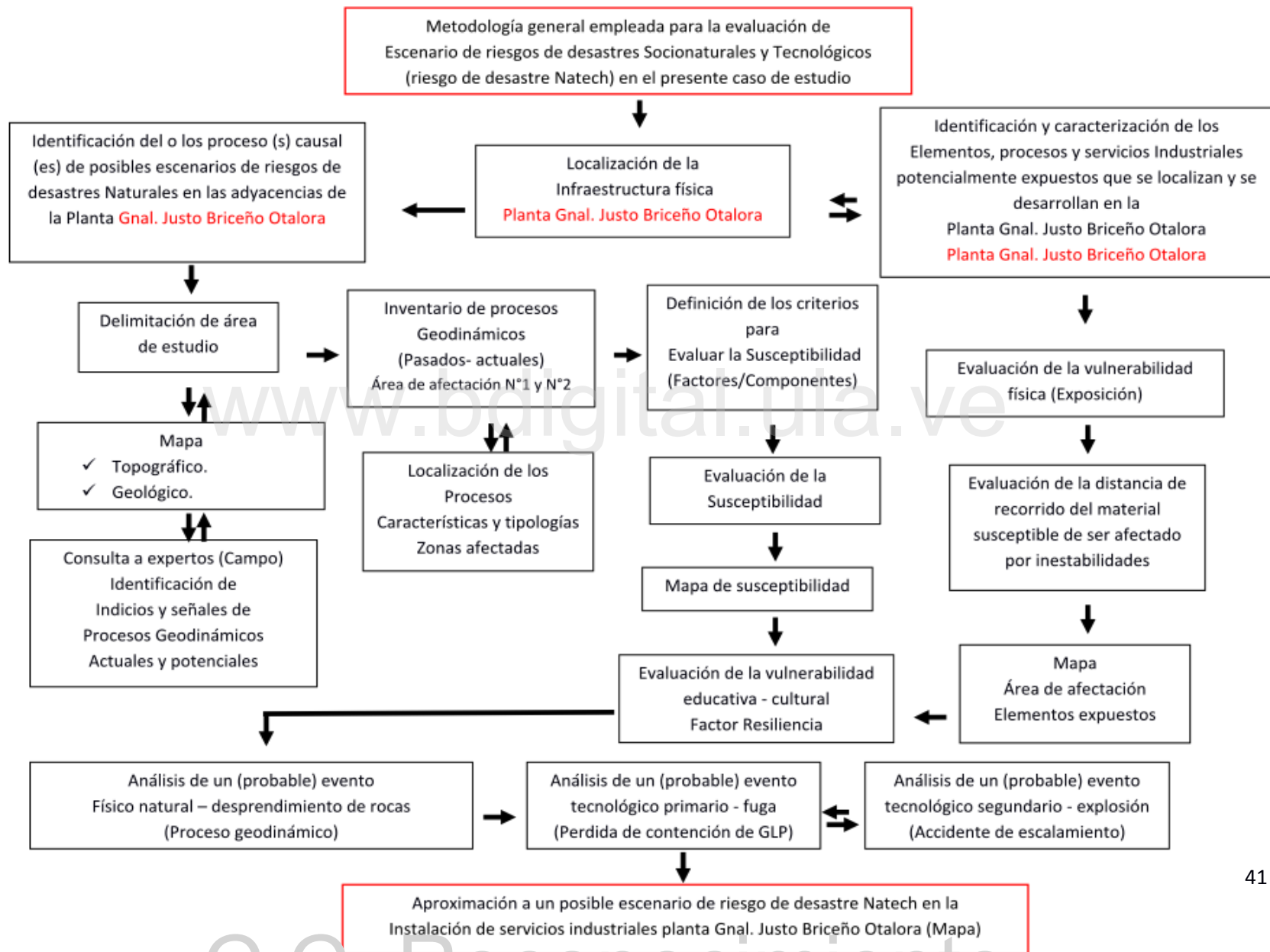
En este caso nos referimos exclusivamente a la metodología propuesta por Cardoso *et al.* (2013) para “determinar la distancia recorrida por material procedente de inestabilidades en taludes de carretera” (p. 1079). Esta metodología nos permite realizar una estimación de la posible distancia de recorrido del material afectado por inestabilidades (desprendimientos de rocas) de la ladera frontal a la instalación de servicios industriales PGJJBO, esto como complemento para determinar la distancia de recorrido del material rocoso y el posible alcance de los elementos expuestos (planta), lo que posiblemente desencadenaría una pérdida de contención del producto (GLP) contenido en los tanques de almacenamiento, dando origen a un accidente tecnológico (Natech).

Método cuantitativo: aplicación del instrumento de medición tipo encuesta escrita

Este instrumento de medición (cuestionario) autoadministrado fue suministrado a una muestra de la población trabajadora (directa) que hace vida en la instalación de servicios industriales PGJJBO. El objetivo con su aplicación fue ponderar la vulnerabilidad educativa y cultural del personal (factor resiliencia) en relación con el conocimiento, la formación, la

preparación y la organización que tiene, en primer lugar, el personal sobre los posibles accidentes tecnológicos y/o eventos físico naturales (peligros) que pudieran afectar negativamente al personal, a la instalación de servicio industrial, a los procesos y a la continuidad en la prestación del servicio de distribución de GLP y, en segundo lugar, si a partir de los potenciales accidentes tecnológicos y/o eventos físico naturales identificados y que pudieran afectar a los elementos expuestos, se han promovido actividades, acciones y prácticas institucionales orientadas a gestionar los posibles escenarios de riesgos de desastres, de acuerdo con la conformación del Plan Especial de Reducción de Riesgos de Desastre en la PGJJBO, para cumplir con lo establecido en la Ley de Gestión de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos de la República Bolivariana de Venezuela (LGIRST, 2009).

Estas estrategias utilizadas en el desarrollo de la investigación dan cuenta de que el presente estudio persigue una investigación aplicada, es decir, una investigación que genera también pautas para la resolución del problema que constituye el riesgo socionatural y tecnológico en el que se encuentra expuesta la instalación industrial PGJJBO. En la siguiente página, se presenta la Fig. 3, la cual resume la metodología general para realizar el mapa de un posible escenario de riesgos de desastre Natech.



4.2 Fases del procedimiento metodológico para determinar los niveles de susceptibilidad.

4.2.1 Revisión bibliográfica y cartográfica

Esta fase de la investigación se construyó en diferentes etapas: una primera etapa consistió en la recopilación y revisión de material bibliográfico relacionado con los temas afines a desarrollar en la investigación, a fin de conformar una primera base de datos de los conceptos asociados a la investigación y de antecedentes locales, nacionales e internacionales vinculados a la temática de la investigación. Una segunda etapa se orientó a la búsqueda de material cartográfico de investigaciones vinculadas a la temática y realizadas en el área de estudio y sus alrededores. En esta etapa de la investigación se consultaron y trabajaron con los siguientes materiales cartográficos e imágenes de satélite:

- Imagen de satélite, extraída a través del software libre SAS Planet, año 2022.
- Mapa geológico – geomorfológico del sector Tabay - Estanques (Ferrer, 1996) a escala 1:25.000.
- Mapa geológico del área metropolitana del municipio Libertador. Mérida, estado Mérida. Escala 1:25.000. Sistema de proyección REGVEN. Fuente INGEOMIN 2010.
- Carta topográfica digital a escala 1:5.000, suministrada por la Dirección Estatal de Protección Civil y Administración de Desastres Mérida (antiguo INPRADEM), correspondiente a los sobrevuelos realizados en el año 1996 sobre el eje metropolitano de Mérida, específicamente de los municipios Libertador, Campo Elías y Santos Marquina del estado Bolivariano de Mérida, por la empresa Foto Sur de Canadá.

Una vez localizada e identificada el área objeto de estudio en el material cartográfico suministrado por Dirección Estatal de Protección Civil y Administración de Desastres del estado Bolivariano de Mérida, se extrajo la información base contentiva de: curvas de nivel principales y secundarias, vialidad, infraestructura física (Instalación de servicio industrial), red hidrográfica. Posteriormente se procedió a la diagramación de la cartografía temática identificada en la metodología general a seguir para realizar el mapa de posibles escenarios de riesgo Natech.

4.2.2 Método de Degraff y Romesburg (1998) para delimitar las diferentes áreas según el nivel de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa del tipo desprendimiento de rocas.

Uno de los aportes más interesantes del método heurístico planteado por Degraff y Romesburg (1980) consiste en el hecho de evaluar los movimientos de ladera como un fenómeno natural que está condicionado en su mayoría por dos aspectos: el primero de ellos está dado por el hecho de que dichos eventos dependen de las condiciones propias y/o locales de terreno o condiciones físicas del medio (ladera frontal a la instalación industrial), y el segundo de ellos es que dichos eventos (movimientos de ladera del tipo desprendimientos de rocas), tienen altas probabilidades de volver a repetirse bajo condiciones similares (comportamiento geodinámico interno y externos) que dieron origen a movimientos de ladera anteriores, según Varnes (1984, en INDECI 2011). Las condiciones que permitieron en el pasado la ruptura de una ladera, van a resultar también en potenciales condiciones inestables en el presente; siguiendo esta misma idea, según Ramírez (1998, en Ayala *et al.*, 2015), existen altas probabilidades de que los movimientos de masa ocurran en donde esas combinaciones se repitan.

Para la ejecución del método heurístico propuesto (primero), elaboramos el mapa de inventario de movimientos de ladera, que en nuestro caso es el mapa de inventario de localización y distribución del proceso geodinámico desprendimiento de rocas. Seguidamente pasamos a elaborar el mapa de los factores condicionantes más influyentes (relacionados al comportamiento geodinámico del área de estudio) y que pueden explicar la ocurrencia de los procesos geomorfológicos o geodinámicos movimiento de ladera del tipo desprendimientos de rocas.

Para la aplicación del método heurístico planteado por Degraff y Romesburg (1980, en Ayala *et al.*, 2015), se seleccionaron los siguientes factores condicionantes geológico-geotécnicos:

- presencia de fallas alrededor del área de estudio,
- número de familias de discontinuidades,
- espaciamiento entre las discontinuidades,

- clasificación del macizo rocoso en función del tamaño y formas de los bloques, y
- valoración de la resistencia a compresión simple de rocas a partir de índices de campo.

En el factor Geomorfológico fueron valorados los siguientes componentes:

- Unidad superior de relieve (Elementos del relieve) e inventario,
- localización y distribución del proceso geodinámico desprendimientos de rocas, mediante el factor depósito al pie de la ladera/material desplazado.

El factor condicionante Gradiente de la pendiente fue valorado mediante el componente sectores de pendiente.

Este conjunto de factores y componentes seleccionados son considerados los más relevantes e importantes con los cuales se pretende explicar el comportamiento geodinámico interno y externo que dio origen a los movimientos de ladera pasados y que son identificables en el área de estudio. Con ello se busca describir con mayor claridad las condiciones físicas que pueden condicionar la susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de ladera futuros del tipo desprendimiento de rocas de la ladera frontal a la instalación industrial.

A cada uno de los factores condicionantes propuestos seleccionado se le asignó su correspondiente peso según los valores propuestos por Suárez (1998), Gonzalez de Vallejo *et al.*, (2004) y por la Asociación Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM) (1981, en González de Vallejo *et al.*, 2004) y Priego *et al.* (2010). Esto de acuerdo con la influencia que ejerce cada uno de los factores y componentes en la ocurrencia de los movimientos de ladera.

Para ello se procedió a cartografiar cada uno de los factores seleccionados, en función de las valoraciones realizadas en el área de estudio (trabajo de campo). Seguidamente se procedió a realizar la superposición de las capas vectoriales de los factores condicionantes geológico-geotécnicos y gradiente de la pendiente mediante el uso de la herramienta ArcGIS v.10.4.1, dando como resultado el primer producto contentivo de las diferentes capas vectoriales de los factores combinados representados en el área de estudio N° 2.

Posteriormente se procedió a realizar la capa de inventario de movimientos de masa o de inventario de localización y distribución del proceso geodinámico pasado, desprendimiento de rocas, con el fin de delimitar el área de estudio, en donde se localizarían los elementos expuestos al proceso geodinámico desprendimientos de rocas, (área de estudio N°). Con ello se buscó visualizar si el elemento expuesto instalación de servicios industriales PGJJBO se encuentra en la **orientación y trayectoria** de futuros desprendimientos de rocas.

4.2.2.1 Propuesta metodológica para la valoración de los Factores Condicionantes

4.2.2.1.1 Factor condicionante Geomorfología

Componentes valorados.

Unidad del relieve e inventario del proceso movimientos de ladera.

Estos dos factores propuestos nos permiten evaluar el relieve presente en las áreas de estudio, N° 1 y N° 2, identificadas en el Mapa Nro 1, y que corresponde a la instalación de servicios industriales PGJJBO y a la ladera frontal a la instalación de servicio industrial. Esta evaluación se alcanza mediante la identificación, delimitación y descripción de las formas del relieve y de los procesos que han influido en la evolución y configuración del paisaje actual: Proceso geodinámico desprendimientos de rocas. Para ello se valoran los siguientes componentes: unidad del relieve e inventario de los procesos pasados. Según González de Vallejo et al. (2004), los movimientos tectónicos en fallas producen desniveles y escarpes, tanto por acumulación de salto como por los propios eventos cosísmicos, que interfieren con la evolución del relieve y crean nuevas formas en el paisaje.

Componente valorado. Unidad del relieve- subunidad geomorfológica.

Según González de Vallejo *et al.* (2004), los aspectos geomorfológicos y la interpretación de la topografía son de gran importancia en lo referente a la caracterización física del territorio, y aportan información sobre procesos de inestabilidad y zonas inestables; la subunidad geomorfológica del área de estudio será valorada considerando los siguientes criterios propuestos en la Tabla Nro. 3.

Tabla 3.

Clasificación propuesta para identificar las subunidades presentes en el área de estudio (Ladera frontal a la instalación de servicio industrial PGJJBO).

Unidad del relieve – subunidad geomorfológica(Elaboración propia).

Unidad de relieve – subunidad geomorfología	Descripción	Peso
	Superior o cima	3
	Intermedia	2
	Inferior o pie	1

Componente valorado. Inventario, localización y distribución del proceso geodinámico, desprendimientos de rocas.

La valoración del componente inventario del proceso movimientos de ladera del tipo desprendimiento de rocas, se realizará según el criterio propuesto por Nicholson (1997, en Sánchez, 2013), propuesto en la Tabla Nro. 4. La importancia de incluir este componente es certificar si han ocurrido o no movimientos de ladera en el área objeto estudio; también, recabar los insumos para la elaboración del mapa de inventario de movimientos de ladera pasados. Estos insumos nos permiten localizar las áreas y/o los elementos afectados por la ocurrencia de estos procesos en el pasado. Según González de Vallejo *et al.* (2004), la importancia del inventario de movimientos de ladera radica, en primer lugar, precisar la localización y distribución espacial de los procesos pasados y/o de las zonas afectadas y, en segundo lugar, identificar las zonas de posible ruptura del material susceptible de desprenderse para de esta manera establecer una posible orientación y dirección (trayectoria) de desprendimientos futuros. Adicionalmente, nos permite conocer características distintivas del proceso como: patrón de caída (rebotando o rodando), velocidad, magnitud, volumen, posible intensidad y energía liberada.

Tabla 4. Inventario del proceso movimientos de ladera (desprendimientos de rocas)

Valores propuestos por Nicholson (1997, en Suárez 1998).

Depósito al pie de la ladera/ material desplazado	Descripción	Peso
	Ocurrencia	1
	No ocurrencia	0

Tabla 5. Clasificación de los componentes del Factor Geomorfología. Ponderación de los factores condicionantes.

Factor	Descripción	Peso
Subunidad geomorfológica del área de estudio	Superior o cima	3
	Intermedia	2
	Inferior o pie	1
Depósito al pie de la ladera/ material desplazado	Descripción	Peso
	Ocurrencia	1
	No ocurrencia	0

4.2.2.1.2 Factor condicionante Geológico-Geotécnico

Componente valorado. Geológico-Geotécnico

El juicio utilizado para la selección de las diferentes valoraciones del factor geológico-geotécnico pasó en un primer momento por la evaluación de los criterios empleados en investigaciones afines a la temática de la investigación. Este primer acercamiento permitió construir una visión preliminar de los factores más influyentes a considerar. Un segundo componente clave en la selección de los criterios definitivos y que fue determinante en la decantación de los componentes seleccionados fue construido durante las múltiples salidas de campo realizadas al área de estudio, gracias al acompañamiento de profesores y colegas, expertos y técnicos en el área. Esto permitió decantar y seleccionar los factores de mayor influencia a emplear en la zonificación de las áreas potencialmente susceptibles para generar procesos geodinámicos del tipo desprendimiento de rocas.

Componentes valorados. Presencia de fallas observadas

Este componente fue valorado en función del criterio utilizado por *The Asian Technical Committee on Geotechnology for Natural Hazards* (ISSMGE, 1997 en Suárez (1998), descrito en la Tabla Nro. 6. Este componente fue seleccionado por dos razones: (1) la posible influencia que podría ejercer los esfuerzos *in situ* en el comportamiento mecánico del afloramiento del macizo rocoso de la ladera frontal a la instalación industrial y (2) la posible influencia que pudieran ejercer los movimientos sísmicos en la activación de una falla.

Estos dos argumentos que justifican la inclusión de este componente (presencia de fallas observadas) permitirá evaluar de manera integral, posibles movimientos de ladera detonados por sismos debido al aumento de la fuerza cortante y a las deformaciones producidas y asociadas con la propagación de la onda sísmica (González de Vallejo et al., 2004). En el caso de la propagación de la onda sísmica como detonante de movimientos de masa será condicionada primero por la cercanía al área epicentral y segundo por la magnitud del sismo, tal como se describe en la Tabla Nro. 7, propuesta por Keefer (1984, en Suárez, 1998).

En el caso del factor *propagación de la onda sísmica*, partimos de que el plano de falla con componente vertical identificado en campo (área de estudio) podría presentar una condición sismogénica; por ello, proponemos evaluar la cercanía a la traza de falla con componente vertical identificada y localizada en la parte intermedia de la ladera. Esta traza de falla normal, elemento distintivo que expone cambios morfológicos claros, permite en conjunto con el mapa topográfico (1) identificar posibles alteraciones directas en el afloramiento del macizo rocoso, (2) identificar las posibles trayectorias de los bloques de roca a desprenderse del afloramiento del macizo rocoso principal y (3) tener una noción de las posibles áreas de afectación ladera abajo.

Tabla 6. Clasificación utilizada para la cualificación del factor geológico-geotécnico. Valoración de la presencia de fallas

Factor	Condición	Peso
Fallas alrededor del área	Presentes	3
	Ausentes	0

Fuente: Asian Technical Committee on Geotechnology for Natural Hazards in ISSMFE (1997, en Suarez, (1998)

Tabla 7. Posibilidad de movimientos de masa causados por sismos

Magnitud del sismo	Tipo de movimiento de masa
4.0	Caída de rocas, deslizamientos, alteración de masa de suelo.
4.5	Deslizamientos translacional, rotacional.
5.0	Movimientos tipo flujo.
6.0	Avalanchas de rocas.
6.5	Avalanchas de suelo.

Fuente: Keefer (1984, en Suárez, 1998).

Valoración del número de familias de discontinuidades.

Esta valoración se realizó según los criterios utilizados por la Asociación Internacional de Mecánica de Rocas (1981, en González de Vallejo *et al.*, 2004) -Tabla Nro 8, página siguiente-. En este componente se valora el comportamiento mecánico del macizo rocoso a partir del número de familias de diaclasas presentes en los bloques del macizo rocoso localizado en la ladera frontal de la instalación de servicio industrial. En este sentido, González de Vallejo *et al.* (2004) afirman que en macizos rocosos formados por bloques de rocas duras, con propiedades resistentes elevadas, serán las discontinuidades las que controlen los procesos de rotura y deformación.

Tabla 8. Clasificación utilizada para la cualificación del factor geológico – geotécnico.
Valoración del grado de familias de fracturas

Factor	Macizo rocoso	Peso
Brechificado	IX	9
Cuatro o más familias de discontinuidades	VIII	8
Tres familias de discontinuidades más otras ocasionales	VII	7
Tres familias de discontinuidades	VI	6
Dos familias de discontinuidades más otras ocasionales	V	5
Dos familias de discontinuidades	IV	4
Una familia de discontinuidades más otras ocasionales	III	3
Una familia de discontinuidades	II	2
Masivo, discontinuidades ocasionales	I	1

Fuente: ISRM (1981, en González de Vallejo *et al.*, 2004)

Espaciamiento entre discontinuidades

El espaciado entre los planos de discontinuidades condiciona el tamaño de los bloques de matriz rocosa y, por tanto, define el papel que esta tendrá en el comportamiento mecánico del macizo rocoso (González de Vallejo *et al.*, 2004). La valoración del componente espaciamiento entre discontinuidades es un componente fundamental y en conjunto con el número de familias de discontinuidades explican las propiedades mecánicas del bloque de las rocas presentes en el macizo rocoso. Estas dos características nos permiten conocer la resistencia y la posible estabilidad del macizo rocoso y, por ende, la propensión de generar movimientos de ladera del tipo desprendimiento de rocas, para su valoración se utilizaron los criterios utilizados por González de Vallejo *et al.*, 2004, p. 249) representados en la Tabla 9 (página siguiente).

Tabla 9. Clasificación utilizada para la cualificación del factor geológico – geotécnico. Valoración del espaciamiento entre discontinuidades

Descripción	Espaciamiento	Peso
Extremadamente separado	> 6 m	7
Muy separado	2 m a 6 m	6
Separado	60 cm a 2 m	5
Moderadamente junto	20 cm a 60 cm	4
Junto	6 cm a 20 cm	3
Muy junto	2 cm a 6 cm	2
Extremadamente junto	< 2 cm	1

Fuente: González de Vallejo *et al.* (2004, p.249)

Tamaño del bloque en función del número de discontinuidades

El tamaño del bloque se valoró según los criterios utilizados por ISRM (1981, en González de Vallejo *et al.*, 2004) -Tabla Nro. 10. La dimensión y forma de los bloques están definidas por el número de familias de discontinuidades, su orientación, su espaciado y su continuidad (González de Vallejo *et al.*, 2004). Estos autores llegaron a la conclusión de que el tamaño de los bloques que forman el macizo rocoso condiciona de forma definitiva su comportamiento y las propiedades resistentes y deformacionales.

Tabla 10.

Clasificación utilizada para la cualificación del factor geológico – geotécnico.

Valoración del tamaño del bloque en función del número de discontinuidades

Descripción	$J_n(d_e/m^3)$	Peso
Bloque muy grande	<1	5
Bloque grande	1 a 3	4
Bloque de tamaño mediano	3 a 10	3
Bloque pequeño	10 a 30	2
Bloque muy pequeño	> 30	1

Fuente: Adaptado de ISRM (1981, en González de Vallejo *et al.*, 2004, p. 257)

Estimación aproximada y clasificación de la resistencia a compresión simple de rocas a partir de índices de campo.

La resistencia a compresión simple de las rocas a partir de índices de campo se valoró según los criterios utilizados por la ISRM (1981, en González de Vallejo *et al.*, 2004) -Tabla Nro. 11. Para la valoración de este componente se procede a realizar en primer lugar ensayos en campo, utilizando el martillo geológico sobre la superficie de las rocas que se encuentran en el macizo rocoso del área de estudio. Esta actividad permite valorar la resistencia de las rocas en cuanto a su competencia y dureza (comportamiento físico), con el fin de identificar un rango de resistencia que nos permita valorar la propensión de la roca a fragmentarse o mantenerse cohesionada durante su caída (rodando o rebotando) ladera abajo.

Tabla 11. Clasificación utilizada para la cualificación del factor geológico – geotécnico.

Valoración de la resistencia a compresión simple de rocas a partir de índices de campo.

Descripción	(Mpa)	Peso
Roca extremadamente dura, al golpearla con el martillo solo saltan esquirlas	> 250	7
Roca muy dura, se requieren muchos golpes con el martillo para fracturarla	100 a 250	6
Roca dura, se requiere más de un golpe con el martillo para fracturarla	50 a 100	5
Puede fracturarse con un solo golpe fuerte del martillo	25 a 50	4
Al golpearla con la punta del martillo se producen pequeñas marcas	5,0 a 25	3
Roca muy blanda, la roca se desmenuza al golpearla con la punta del martillo	1,0 a 5,0	2
Roca extremadamente blanda, se puede marcar con la uña	0,25 a 1,0	1

Fuente: Adaptado de ISRM (1981, en González de Vallejo *et al.*, 2004, p. 131)

Tabla 12. Valoración final de los factores condicionantes Geológico Geotécnico

Componente	Factor Geológico Geotécnico:		Peso
Factor	Condición		
Fallas alrededor del área	Presentes		3
	Ausentes		0
Número de familias de discontinuidades (fracturas)	Descripción	Macizo rocoso	Peso
	Brechificado	IX	9
	Cuatro o más familias de discontinuidades	VIII	8
	Tres familias de discontinuidades más o tras ocasionales	VII	7
	Tres familias de discontinuidades	VI	6
	Dos familias de discontinuidades más otras ocasionales	V	5
	Dos familias de discontinuidades	IV	4
	Una familia de discontinuidades más otras ocasionales	III	3
	Una familia de discontinuidades	II	2
Espaciamiento entre las discontinuidades	Descripción	Espaciamiento	Peso
	Extremadamente separado	> 6 m	7
	Muy separado	2 m a 6 m	6
	Separado	60 cm a 2 m	5
	Moderadamente junto	20 cm a 60 cm	4
	Junto	6 cm a 20 cm	3
	Muy junto	2 cm a 6 cm	2
	Extremadamente junto	< 2 cm	1
Tamaño del bloque en función del número de discontinuidades	Descripción	J,(de/m ³)	Peso
	Bloques muy grandes	< 1	5
	Bloques grandes	1 a 3	4
	Bloques tamaño mediano	3 a 10	3
	Bloques pequeños	10 a 30	2
	Bloques muy pequeños	> 30	1
Valoración de la resistencia a compresión simple de rocas a partir de índices de campo	Descripción	(Mpa)	Peso
	Roca extremadamente dura, al golpearla con el martillo solo saltan esquirlas	> 250	7
	Roca muy dura, se requieren muchos golpes con el martillo para fracturarla	100 a 250	6
	Roca dura, se requiere mas de un golpe con el martillo para fracturarla	50 a 100	5
	Puede fracturarse con un solo golpe fuerte del martillo	25 a 50	4
	Al golpearla con la punta del martillo se producen pequeñas marcas	5,0 a 25	3
	Roca muy blanda, la roca se desmenuza al golpearla con la punta del martillo	1,0 a 5,0	2
Rangos de las condiciones	Clases de condiciones		Peso final
	Muy malas		3
	Malas		2
	Moderadas		1
	Buenas		0

Fuente: Asian Technical Committee on Geotechnology for Natural Hazards in ISSMFE (1997, en Suárez, 1998); González de Vallejo *et al.*, 2004); Modificado de SRM (1981, en González de Vallejo *et al.*, 2004).

4.2.2.1.3 Factor condicionante Gradiente de la pendiente

Componente valorado.

Gradiente de la pendiente – grado de inclinación

Según González de Vallejo *et al.* (2004), el relieve juega un papel definitivo en los movimientos de ladera, ya que es necesario cierta pendiente para que se produzcan los movimientos gravitacionales (p. 630). Las regiones montañosas son las zonas más propensas a los

movimientos de ladera. Es por esto que el gradiente de la pendiente es un factor imprescindible, ya que adicionalmente condiciona la velocidad final que alcanzarán los materiales desprendidos. Adicionalmente estos autores afirman que las laderas adoptan pendientes naturales cercanas al equilibrio (p. 622). Ante el cambio de condiciones, su morfología se modifica buscando nuevos equilibrios. En este contexto, los movimientos de ladera pueden entenderse como los reajustes del terreno para conseguir el equilibrio.

Componente valorado

Gradiente de la pendiente – grado de inclinación

Para la valoración de este componente se partió de la clasificación propuesta por Suárez (1998, p. 360), quien propone cinco categorías de rangos de pendiente, a saber Muy baja (0 a 8.5°), Baja (8.5 a 16.7°), Mediana (16.7 a 26.6°), Alta (26.6 a 45°), Muy alta (más de 45°). Este autor menciona que el objetivo de estos mapas es generar una planta topográfica del área a estudiar delimitando las áreas de pendiente diferente en sectores o fajas de valores previamente establecidos. Para la valoración de este componente en el presente estudio de caso, se reclasificaron los rangos propuestos por Suarez en cuatro categorías de pendientes presentados en la Tabla Nro. 13, expresados a continuación: Ligeramente inclinada (0 a 15°), Moderadamente inclinada (15 a 30°), Inclinada (30 a 45°), y Fuertemente inclinada ($\geq 45^\circ$), la clasificación empleada para el estudio de este factor partió de las características topográficas presentes en la ladera frontal a la instalación de servicio industrial PGJJBO, utilizando como base la carta digital topográfica a escala 1:5.000, suministrada por la Dirección Estatal de Protección Civil y Administración de Desastres Mérida, correspondiente a los sobrevuelos realizados en el año 1996 sobre los municipios Campo Elías, Libertador y Santos Marquina del estado Bolivariano de Mérida por la empresa Foto Sur de Canadá.

La elaboración del mapa de sectores de pendiente se realizó en base a las curvas de nivel con equidistancia entre curvas a 5 metros. Posteriormente se procedió a la elaboración de un modelo de elevación digital del terreno. A partir de este modelo se obtuvieron los rangos de pendientes reclasificados consiguiendo como producto final el mapa de sectores de pendiente

en formato vectorial para la posterior superposición con los demás factores condicionantes ponderados.

Tabla 13. Clasificación utilizada para la cualificación del factor pendiente

Valoración del grado de inclinación

Factor	Descripción de la pendiente	Rangos de la pendiente	Peso
Valoración del grado de inclinación	Fuertemente inclinada	$\geq 45^\circ$	4
	Inclinada	30° a 45°	3
	Moderadamente inclinada	15° a 30°	2
	Ligeramente inclinada	0° a 15°	1

Modificado de Suárez (1998).

Levantamiento de información en campo.

Para el cumplimiento de esta fase se planificaron numerosas visitas al área de estudio en compañía de profesores expertos y técnicos en el área. Esta primera actividad permite identificar, corroborar y caracterizar la información presente en el material cartográfico seleccionado; Posteriormente, se procedió a actualizar y a recabar la información principal relacionada directamente con la temática de la investigación. En la prosecución de este segundo componente se levantó información temática en campo de los componentes geológico-geotécnico-geomorfológico, a saber:

- Elementos y formas del relieve;
- inventario del proceso movimientos de ladera del tipo desprendimiento de rocas;
- cobertura del suelo;
- características de la roca que componen la formación geológica (litología);
- presencia de fallas alrededor en el área;
- características del macizo rocoso;
- número de familias de discontinuidades;
- rumbo y buzamiento de las discontinuidades;
- espaciamiento entre las discontinuidades;

- tamaño de los bloques de rocas;
- forma de los bloques de rocas y resistencia de las rocas aplicando el método de compresión simple a partir del índice de campo.

4.2.3 Proceso cartográfico para la elaboración del mapa de susceptibilidad.

Una vez cumplidas las diferentes etapas identificadas en el apartado anterior, las cuales se corresponden con los componentes revisión bibliográfica-cartográfica y levantamiento y revisión de la información en campo, se inició el procesamiento de la información espacial recolectada en campo a través del software ArcGIS v.10.4.1. El empleo de esta herramienta nos permite generar dos grupos de productos:

- Un primer grupo de productos se concentró en los insumos requeridos para los análisis espaciales orientados a la zonificación de las áreas susceptibles a la ocurrencia movimientos de ladera del tipo desprendimientos de rocas. Dichos productos partieron de la elaboración de las salidas cartográficas (mapas) de los factores condicionantes (geológico-geotécnico y gradiente de la pendiente). Estos insumos diagramados individualmente permitieron la integración y posterior superposición de las condiciones geomecánicas, formas del relieve y gradiente de la pendiente presentes en el área de estudio (ladera frontal a la PGJJBO).
- Un segundo grupo de productos se obtuvo a partir de la cartografía base que se empleó para localizar espacialmente el componente *proceso geomorfológico* (movimientos de ladera del tipo desprendimiento de rocas). Este componente representa un factor clave en el éxito del método heurístico empleado en la presente investigación. La salida cartográfica de este componente estaría orientada al inventario, localización y distribución del proceso geodinámico pasado y presente de desprendimiento de rocas. A continuación se presenta la Tabla Nro. 14 que muestra los valores finales de los factores seleccionados para el análisis de susceptibilidad.

Tabla 14. Valores finales de los factores seleccionados para el análisis de susceptibilidad.

Naturaleza del factor	Factor/Componentes Valorados	Condición/Descripción	Peso
Condicionante	Unidad del relieve (área de estudio)	Superior o cima	3
		Intermedia	2
		Inferior o pie	1
	Depósito al pie de la ladera/ material desplazado	Ocurrencia	1
		No ocurrencia	0
	Geológico Geotécnico (Condiciones geomecánicas)	Muy malas	3
		Malas	2
		Moderadas	1
		Buenas	0
	Valoración del grado de inclinación	Fuertemente inclinada	4
		Inclinada	3
		Moderadamente inclinada	2
Ligeramente inclinada		1	
Nivel de susceptibilidad		Clases de susceptibilidad	
> 9		Muy Alta	
6 < susceptibilidad ≤ 9		Alta	
3 < susceptibilidad ≤ 6		Moderada	
0 < susceptibilidad ≤ 3		Muy Baja	

Fuentes: Nicholson y Hencher (1997; en Suárez 1998), Modificado de Suárez (1998); *Asian Technical Committee on Geotechnology for Natural Hazards* (ISSMGE, 1997 en Suarez, (1998); Modificado de la ISRM (1981, en González de Vallejo *et al.*, 2004);

4.2.3.1 Proceso de elaboración de las diferentes salidas cartográficas (insumos cartográficos)

4.2.3.1.1 Mapa Topográfico

Para el cumplimiento de este proceso se partió de la información cartográfica (carta digital) con espaciamiento entre curvas de nivel cada 5 metros, suministrada por la Dirección Estatal de Protección Civil y Administración de Desastres Mérida, correspondiente a los sobrevuelos realizados en el año 1996, a escala 1:5.000, sobre los municipios que conforman el eje metropolitano de Mérida, por la empresa foto Sur de Canadá (Véase Mapa 1, Localización del área de estudio).

4.2.3.1.2 Mapa de Sectores de Pendiente

Para la diagramación del mapa **sectores de pendiente** se utilizó como insumo primario la carta digital empleada en la elaboración del mapa topográfico con curvas de nivel con espaciamiento entre los campos de altitud cada 5 metros. Para ello procedimos a modelar la morfología de la

superficie del área de estudio a través de un TIN. Posteriormente convertimos el TIN a un representación RASTER o DEN, cuyos valores de celda se mantuvieron respetando el espaciamiento cada 5 metros. Estos pasos previos nos permitió visualizar la superficie de la ladera (área de estudio). Una vez concluida esta etapa, pasamos al componente de la pendiente, el cual se consiguió mediante la definición de los rangos o sectores de pendiente en grados, clasificados según lo planteado en la Tabla Nro. 13, correspondiente a la valoración del grado de inclinación.

4.2.3.1.4 Mapa Geológico - Geotécnico

Para la elaboración de este mapa nos apoyamos en la cartografía elaborada por el Profesor Carlos Ferrer (1996), a escala 1:25.000. Este insumo cartográfico nos permitió en la fase preliminar identificar y localizar a grandes rasgos, la estratigrafía, (unidad o las unidades pre – cuaternario) que se localiza en el área de estudio, los elementos estructurales (símbolos estructurales), la morfología y morfotectónica, así como también otros elementos (símbolos) que el autor haya considerado pertinente representar. En esta fase representamos de manera preparatoria los vectores geográficos (areales, lineales y puntuales) que conforman los componentes valorados. Una vez agotada esta fase pasamos al reconocimiento de campo (segunda fase), el cual consistió en un levantamiento a detalle de los componentes seleccionados del factor geológico – geotécnicos identificados y descritos en la fase preliminar, además de componentes singulares no representados en la cartografía de apoyo y que son necesarios para complementar el presente estudio de caso. Esto fue posible mediante el apoyo de los siguientes instrumentos de medición:

- brújula de geólogo;
- cinta métrica;
- martillo Schdmitt (piqueta de geólogo);
- GPS, y
- Estación Total TopCon modelo Gts236w.

El uso de estos instrumentos permitió localizar y caracterizar a detalle cada uno de los componentes (elementos y procesos) antes identificados y descritos, a saber: presencia de falla, número de familia de diaclasas, espaciamiento entre las discontinuidades, tamaño del bloque y resistencia (aproximada) a compresión simple de la roca. A partir de índices de campo, esta información permite complementar las diferentes capas vectoriales a representar en el factor condicionante geológico – geotécnico.

4.2.3.1.5 Mapa de inventario, localización y distribución del proceso geodinámico pasado desprendimiento de rocas

Este mapa se diagrama a partir de la georreferenciación en campo (área de estudio) de las rocas desprendidas de la ladera frontal a la instalación de servicio industrial PGJJBO, y localizadas en las adyacencias (borde de la calzada de la carretera) de la instalación de servicio industrial. Para ello se utilizó la herramienta de GPS Garmin Etrex 10, calibrado en la Proyección Universal Transversal de Mercator, Datum Horizontal: Sirgas-Reven, Huso 19, Elipsoide GRS80. Como complemento, para corregir el error de desplazamiento se midieron las distancias parciales entre cada uno de los elementos (rocas) y un punto fijo de referencia (esquina frontal izquierda a la instalación de servicio industrial).

4.2.3.1.6 Mapa de elementos expuestos al proceso geodinámico desprendimiento de rocas

A partir de los mapas topográficos, de sectores de pendiente, geológico-geotécnico y el mapa de inventario, localización y distribución del proceso geodinámico pasado desprendimiento de rocas, se elaboró el mapa de los posibles elementos expuestos al proceso geodinámico desprendimiento de rocas. Para ello, procedimos a identificar, primero, las posibles direcciones y orientaciones que pudieran seguir los desprendimientos de rocas futuros ladera abajo, a partir de la orientación de las curvas de nivel de la ladera frontal a la instalación de servicios industriales. Ello nos permite identificar las posibles trayectorias que sigue el material susceptible de ser desplazado ladera abajo. En segundo lugar, procedemos a calcular las posibles

distancias de recorrido del material rocoso desplazado ladera abajo. Este cálculo nos permite estimar si dicho material desplazado podría alcanzar e impactar los elementos expuestos de interés que en nuestro estudio de caso se corresponde con la instalación de servicios industriales PGJJBO, lo que podría desencadenar una pérdida del producto GLP, que se encuentra contenido en los tanques de almacenamiento de 12.897 Gal. c/u, los cuales se encuentran ubicados contiguos al muro perimetral de la instalación industrial y de frente al área de estudio número 2 (ladera frontal a la planta, tal como se evidencia en el Mapa 1.

4.3 Metodología propuesta para la estimación de la distancia de recorrido del material afectado por inestabilidades, desprendimiento de rocas de la ladera frontal a instalación de servicios industriales planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

La metodología elegida para estimar la distancia de recorrido de los bloques de rocas susceptibles de desprenderse de la ladera frontal hacia la instalación de servicios industriales PGJJBO considera el método experimental propuesto por Cardoso *et al.* (2013). La aplicación de esta metodología nos permite calcular la distancia efectiva de recorrido del material rocoso susceptible de desprenderse ladera abajo; a su vez, nos permite certificar si el elemento expuesto PGJJBO es susceptible de ser impactado por el material rocoso desprendido.

Igualmente, esta metodología nos permite demostrar si en caso de producirse un movimiento de ladera del tipo desprendimiento de rocas de la ladera frontal a la instalación industrial (PGJJBO), el material movilizado pudiera alcanzar e impactar al muro perimetral de la instalación industrial (primer elemento expuesto), el cual sirve de protección o elemento de contención para evitar un posible impacto directo contra los tanques de almacenamiento de GLP de 12.897 Gal. c/u, ubicados en la instalación de servicios industriales. La Fig. 4 muestra la metodología propuesta por Cardoso *et al.*, (2013) para determinar la distancia de recorrido por el material procedente de inestabilidades en taludes de carretera.

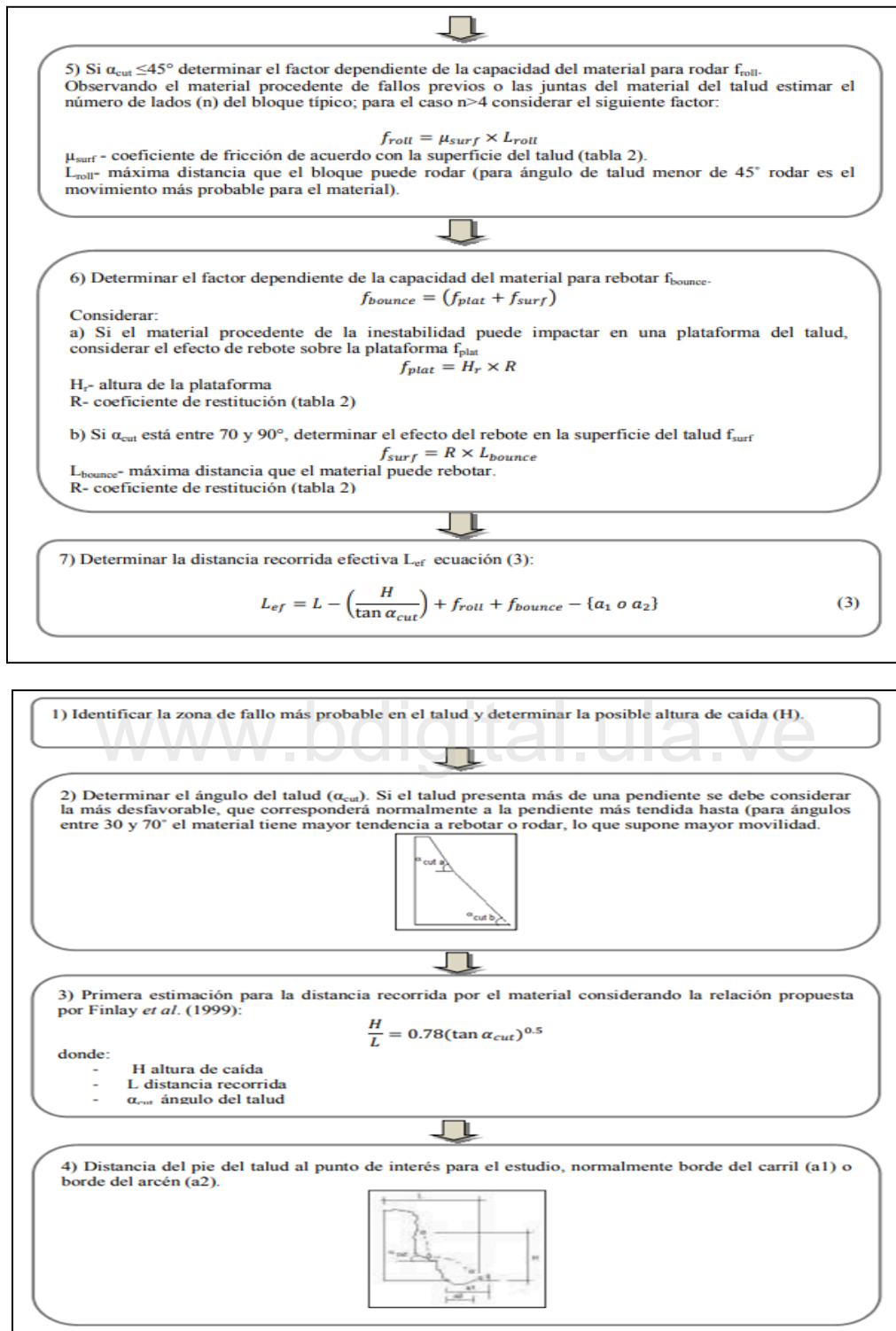


Fig 4. Metodología propuesta para determinar la distancia recorrida por material procedente de inestabilidades en taludes de carretera. Cardoso *et al.* (2013)

4.4 Metodología para evaluar la vulnerabilidad educativa-cultural, factor resiliencia, del personal que labora en la instalación de servicios industriales planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

El método seleccionado para evaluar la vulnerabilidad educativa-cultural (factor resiliencia) del personal que cumple actividades directas en la PGJJBO se corresponde con la investigación descriptiva de campo, que emplea la técnica de encuesta escrita - cuestionario autoadministrado de observación estructurada. Este instrumento nos permite evaluar de manera integral las acciones, prácticas y habilidades promovidas y orientadas a gestionar posibles escenarios de riesgos de desastres Socionaturales y Tecnológicos (riesgo Natech), dentro y en los alrededores de la instalación de servicios industriales PGJJBO. Es importante mencionar que dicha instalación de servicios industriales en la actualidad es la encargada de almacenar y envasar el producto inflamable GLP, cuyo destino final se orienta a satisfacer un servicio de primera necesidad: distribución de GLP a usuarios finales residenciales, comerciales, industriales, asistenciales y educativos de los municipios Libertador, Campo Elías y Aricagua del estado Bolivariano de Mérida.

Adicionalmente con la aplicación de este instrumento se busca dar cumplimiento a lo normado en la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos de la República Bolivariana de Venezuela, la cual en el artículo 40 indica lo siguiente: “Cultura del riesgo: El estado, el sector privado y las comunidades promoverán acciones, valores y prácticas que contribuyan a la identificación y reducción de riesgos, así como a la preparación y atención en caso de emergencias y desastres”.

En este sentido con la aplicación del instrumento **encuesta escrita (cuestionario autoadministrado)**, se aspira determinar (1) si el personal que cumple actividades directas en la PGJJBO identifica los procesos naturales y/o eventos naturales y los accidentes tecnológicos que potencialmente pudieran amenazar a la obra civil, al personal, a los elementos y a los procesos desarrollados a lo interno y que permiten la continuidad en la prestación del servicio de distribución de GLP; (2) si el personal está en conocimiento que dichos procesos naturales y

accidentes tecnológicos pudieran desencadenar como consecuencia de la ocurrencia de desastres de origen natural-movimientos de ladera del tipo desprendimiento de rocas. Con el instrumento también se busca evaluar si el personal identifica y se ha empoderado de acciones, prácticas y habilidades que permitan disminuir los niveles de riesgo detectados en los diagnósticos institucionales respectivos (en caso de que existieran) y que dieran origen a los planes especiales institucionales orientados a gestionar escenarios de riesgos Socionaturales y Tecnológicos en la planta. Además, a través del instrumento se busca identificar si el personal se encuentra formado y capacitado para atender emergencias en caso de la ocurrencia de eventos naturales que impacten al elemento expuesto PGJJBO y que pudieran desencadenar en accidentes tecnológicos (eventos Natech), en la instalación de servicios industriales PGJJBO.

Estas iniciativas orientadas a valorar la vulnerabilidad educativa-cultural complementariamente nos permitirá mejorar, si es el caso, las prácticas y acciones que debería contener el Plan Especial de Reducción de Riesgos de Desastres de la instalación de servicios industriales en conjunto con la Coordinación Estatal de Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa Nevado Gas S.A, para de esta manera dar cumplimiento con lo normado en la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos en su artículo 25, referido en el Capítulo 1.

En lo que corresponde al método de selección de las variables y/o indicadores que se valoraron en el instrumento, este resultó primero de la experiencia adquirida durante el desarrollo de la escolaridad en la maestría en Gestión de Riesgos Socionaturales de la Universidad de Los Andes. Este conocimiento se complementó con la experiencia laboral adquirida durante catorce años de labores ininterrumpidas que llevo en lo que hoy es la empresa socialista Nevado gas S.A., empresa que en la actualidad es la encargada de regentar junto con PDVSA Gas Comunal S.A la instalación de servicios industriales PGJJBO. Por último y no por ello menos importante, se tomó como referencia el informe final del Estudio de percepción social de riesgo de la parroquia Catia la Mar, elaborado en el año 2004 por el Dr. Alejandro Liñayo (Liñayo, 2004).

Una vez se elaboró el instrumento, fue sometido a validación por tres expertos con experiencia en el área. El primer experto fue el tutor de este estudio, Profesor MSc. Josué Araque. El segundo experto consultado fue el Dr. Luis Nava Puente, profesor agregado de la Escuela de

Estadística de la Universidad de Los Andes, con más de veinte (20) años de servicio en el área. La tercera y última especialista consultada fue la Dra. Melva Márquez, profesora titular de la Facultad de Humanidades y Educación de la Universidad de Los Andes y experta en lingüística.

En relación con el proceso de selección de la muestra, este se desarrolló a través del método de muestreo aleatorio simple, es decir se aplicó el instrumento a un subconjunto de la población total de la PGJJBO (N=67 trabajadores). La muestra susceptible de ser encuestada se estimó que podría ubicarse entre un 40 (cuarenta) y un 50 (cincuenta) por ciento (%) de la población, es decir entre 27 y 33 trabajadores directos que cumplen funciones en la PGJJBO.

La justificación de peso que imperó en la selección del tamaño de la muestra seleccionada se fundamentó en las estimaciones realizadas previamente en función del número de trabajadores susceptibles de ser encuestados y que pudieran ser abordados en el transcurso de la mañana dentro de los espacios físicos de la instalación de servicios industriales (8 am a 11 am), ya que en este rango de horas es donde coinciden heterogéneamente el mayor número de trabajadores y el mayor número de trabajadores de los diferentes departamentos con los que cuenta la PGJJBO. Se buscó que en la muestra fuesen entrevistados trabajadores desempeñando los siguientes oficios: llenadores de cilindros móviles, acarreadores de cilindros, chequeadores, técnicos de operaciones y mantenimiento de planta, choferes de flota primaria y secundaria, ayudantes de distribución de flota secundaria, técnicos especializados en el trasegado de unidades semirremolque móviles a tanques fijos estacionarios, personal administrativo, personal de limpieza, personal de seguridad integral y personal gerencial de las diferentes dependencias.

La encuesta tiene siete (07) preguntas que se desarrollaron bajo los siguientes instrumentos de observación:

- Las preguntas 1 y 2 se desarrollaron bajo el instrumento de observación, lista de cotejo o de chequeo.
- La pregunta 3 emplea la escala de Likert.
- Las preguntas 4, 5 y 6 son preguntas cerradas.

- La pregunta 7 es pregunta abierta.

Se justifica el uso de la encuesta escrita (cuestionario autoadministrado) principalmente por dos razones:

1. Las características laborales y educativas presentes en la mayoría del personal susceptible de ser encuestado, el cual se encuentra calificado como personal técnico-obrero.
2. El grupo de trabajadores directos presenta la mayor continuidad laboral, es decir, es el personal que tiene mayor antigüedad laboral dentro de la institución y, por ende, se considera la muestra más idónea para garantizar que la información recolectada sea la más fidedigna según la realidad institucional.

La encuesta fue de carácter anónimo; no interesó el nombre, sexo o edad de la persona encuestada, sino el cargo desempeñado y el tiempo de servicio laboral. La encuesta fue entregada a las personas y la mayoría la llenó en ausencia del investigador. Posteriormente, las hojas fueron recogidas a fin de vaciar y analizar los datos.

En la página siguiente se muestra el instrumento encuesta escrita (Fig. 5), que se empleó para evaluar la vulnerabilidad educativa-cultural del personal que cumple actividades directas en la instalación industrial PGJJBO.



República Bolivariana de Venezuela, Estado Bolivariano de Mérida, Municipio Campo Elías, Parroquia Montalbán, Sector 23 de enero, Planta de Almacenamiento y Envasado de Gas Licuado de petróleo Gral. Justo Briceño Otalora. Cargo: _____ Tiempo que lleva laborando en la empresa: _____

Para un estudio de investigación en el área de Gestión de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos, se requiere que usted se sirva contestar a las siguientes preguntas. Sus respuestas serán utilizadas exclusivamente para el estudio de investigación; por lo tanto, no serán objeto de otros usos diferentes.

- De los eventos que a continuación se le muestran ¿Cuál o cuáles cree usted que podrían afectar negativamente a la Planta Gral. Justo Briceño Otalora, al personal, y a las actividades que se desarrollan?
 - ☐ Fuga de GLP
 - ☐ Incendio
 - ☐ Explosión
 - ☐ Impacto por desprendimientos de rocas
 - ☐ Incendio de vegetación en las adyacencias de la planta
- ¿Durante el tiempo que lleva laborado en la planta ha sido testigo de algún evento?

☐ **Sí:** En caso de ser positivo, indique, por favor, el tipo de evento ☐ **No:** pase a la siguiente pregunta

Eventos:

 - ☐ Fuga de GLP
 - ☐ Incendio
 - ☐ Explosión
 - ☐ Rocas que hayan impactado a la planta o a vehículos en las adyacencias de la planta
 - ☐ Incendio de vegetación en las adyacencias de la planta
- De los eventos antes identificados que pudieran afectar a la Planta Gral. Justo Briceño Otalora, el personal, y las actividades desarrolladas, ¿cuál o cuáles considera más relevante? Mencione del 1 al 4 en función de su importancia; (1) Menos importante, (2) moderadamente importante, (3) importante, (4) muy importante
 - ☐ Fuga de G.L.P. _____
 - ☐ Incendio _____
 - ☐ Explosión _____
 - ☐ Impacto por desprendimientos de rocas _____
 - ☐ Incendio de vegetación en las adyacencias de la planta _____
- ¿Ha participado en actividades institucionales de formación para detectar, diagnosticar, caracterizar y evaluar posibles escenarios de riesgos socionaturales y tecnológicos que pueden presentarse dentro y en los alrededores de la planta Gral. Justo Briceño Otalora? ☐ **Sí:** pase a la siguiente pregunta. ☐ **No:** Fin de la encuesta
- De su participación en las actividades antes mencionadas como trabajador, ¿sabe usted si se generó algún plan especial orientado a disminuir los niveles de riesgos socionaturales y tecnológicos detectados?

☐ **Sí:** pase a la siguiente pregunta. ☐ **No:**
- Cómo resultado de un plan especial orientado a disminuir los niveles de riesgos socionaturales y tecnológicos detectados, ¿sabe usted si se han promovido acciones y prácticas efectivas que disminuyan los niveles de vulnerabilidad, como por ejemplo, la preparación al personal en caso de presentarse alguna emergencia?

☐ **Sí:** pase a la siguiente pregunta ☐ **No:** Fin de la encuesta
- Si responde afirmativamente a la pregunta (6), por favor mencione los tipos de acciones y prácticas que se han aplicado. _____

Fig. 5. Encuesta escrita diseñada para valorar la vulnerabilidad educativa – cultural del personal que cumple labores en la planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

4.4.1 Descripción de las preguntas incluidas en la encuesta escrita que orientan el proceso de indagación de la vulnerabilidad educativa-cultural.

1. De los eventos que a continuación se le muestran ¿Cuál o cuáles cree usted que podrían afectar negativamente a la Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora", al personal, y a las actividades que se desarrollan?

- a) ☐ Fuga de GLP
- b) ☐ Incendio
- c) ☐ Explosión
- d) ☐ Impacto por desprendimientos de rocas
- e) ☐ Incendio de vegetación en las adyacencias de la planta

Este primer ítem permitió identificar la percepción del encuestado en cuanto a los eventos potencialmente perturbadores que podrían causar daños al personal, los bienes y servicios localizados y desarrollados en la instalación de servicios industriales. Estos eventos están relacionados con los eventos tecnológicos factibles de suceder y que se asocian directamente con amenazas tecnológicas propias de instalaciones de servicios industriales que almacenan y procesan Gases Licuados de Petróleo (GLP), bien sea por errores humanos o fallas de equipos. Tales eventos están relacionados con fuga de GLP, incendio y explosión. Además, se mide el conocimiento del personal sobre los eventos relacionados con fenómenos naturales y/o eventos y procesos naturales (amenazas externas) que circunstancialmente pudieran afectar negativamente a la planta, dada la condición de sitio donde se localiza la instalación de servicios industriales: impacto por desprendimientos de rocas e incendio de vegetación en las adyacencias de la planta.

2. ¿Durante el tiempo que lleva laborado en la planta ha sido testigo de algún evento?

- ☐ Sí: En caso de ser positivo, indique, por favor, el tipo de evento
- ☐ No: pase a la siguiente pregunta

Eventos:

- a) ☐ Fuga de GLP.
- b) ☐ Incendio.
- c) ☐ Explosión.
- d) ☐ Rocas que hayan impactado a la planta o a vehículos en las adyacencias de la planta.
- e) ☐ Incendio de vegetación en las adyacencias de la planta.

Esta pregunta permite valorar la memoria histórica que tienen los trabajadores (encuestados) en relación con los eventos adversos ocurridos a lo interno de la instalación de servicios industriales y en las adyacencias de esta infraestructura física. Los sucesos a identificar se corresponden con los eventos detallados en la pregunta anterior y que pudieran eventualmente causar afectaciones (daños) al personal, a los bienes y servicios localizados y desarrollados en la instalación de servicios industriales y en las adyacencias.

3. De los eventos antes identificados que pudieran afectar a la Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora", el personal, y las actividades desarrolladas, ¿cuál o cuáles considera más relevante?

Mencione del 1 al 4 en función de su importancia;

(1) Menos importante, (2) moderadamente importante, (3) importante, (4) muy importante

- ☐ Fuga de G.L.P _____
- ☐ Incendio _____
- ☐ Explosión _____
- ☐ Impacto por desprendimientos de rocas _____
- ☐ Incendio de vegetación en las adyacencias de la planta _____

Este aspecto permite valorar el nivel de relevancia y/o importancia que el trabajador encuestado considera que tiene o tienen los eventos identificados en la pregunta Nro. 1 y que pudieran

afectar negativamente a la instalación de servicios industriales, al personal y a las actividades (bienes y/o servicios) allí desarrollados.

4. ¿Ha participado en actividades institucionales de formación para detectar, diagnosticar, caracterizar y evaluar posibles escenarios de riesgos Socionaturales y Tecnológicos que pueden presentarse dentro y en los alrededores de la planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora"?

☐ **Sí: pase a la siguiente pregunta.** ☐ **No: Fin de la encuesta.**

Esta pregunta permite identificar si los trabajadores encuestados han acompañado y/o asociado actuaciones institucionales en las que participaron y que hayan orientado sus propósitos a evaluar integralmente escenarios de riesgos de desastre a lo interno y en los alrededores de la instalación de servicios industriales PGJJBO. Esto con el fin de impedir, reducir, prever y controlar posibles efectos negativos que pudieran generar eventos adversos naturales y/o producto de fallos en las actividades rutinarias desarrolladas a lo interno de la instalación industrial y, en consecuencia, afectar a la instalación de servicios industriales, a los trabajadores, a los procesos, a las actividades, y a los bienes y servicios expuestos en el territorio de impacto (PGJJBO) y que también afectaría la continuidad en la distribución de GLP en el ámbito territorial de influencia (territorio de causalidad).

5. De su participación en las actividades antes mencionadas como trabajador, ¿sabe usted si se generó algún plan especial orientado a disminuir los niveles de riesgos Socionaturales y Tecnológicos detectados?

☐ **Sí: pase a la siguiente pregunta.** ☐ **No:**

Esta quinta pregunta permite valorar si el trabajador encuestado tiene conocimiento de que de su participación en las actividades institucionales orientadas a identificar escenarios de riesgos de desastres, se generó el Plan Especial de Reducción de Riesgos de Desastres en la instalación de servicios industriales PGJJBO. Esto con el fin de disminuir los niveles de vulnerabilidad en los escenarios de riesgos contruidos en el ámbito territorial donde se ubica la PGJJBO (territorio de

impacto) y que fueron valorados en los diagnósticos respectivos, siguiendo lo normado en el Artículo 25 de la GIRST (2009).

6. Como resultado del plan especial orientado a disminuir los niveles de riesgos Socionaturales y Tecnológicos detectados, ¿sabe usted si se han promovido acciones y prácticas efectivas que hayan disminuido los niveles de vulnerabilidad, como por ejemplo, la preparación al personal en caso de presentarse alguna emergencia?

☐ **Sí: pase a la siguiente pregunta** ☐ **No: Fin de la encuesta**

Esta pregunta permite valorar si el encuestado afirma reconocer acciones y prácticas orientadas y vinculadas a la reducción de riesgos de desastres, en el caso de que la institución cuente con el Plan Especial de Reducción de Riesgos de Desastres. Dichas acciones y prácticas deben estar orientadas a evitar o reducir los posibles efectos adversos generados por la ocurrencia de eventos naturales, detonadores de accidentes tecnológicos dentro y en los alrededores de la instalación de servicios industriales.

7. Si responde afirmativamente a la pregunta (6), por favor mencione los tipos de acciones y prácticas que se han aplicado.

Con este último ítem se aspira a que la persona encuestada, primero identifique y especifique las acciones y prácticas adquiridas y que, según su criterio, considere que se orientan a gestionar los posibles escenarios de riesgos de desastres identificados en la PGJJBO y sus alrededores y segundo, valore si dichas acciones y prácticas son las adecuadas para prevenir o reducir el riesgo al que está sujeta la PGJJBO.

4.4.2. Procedimiento para el análisis de los datos recogidos en la encuesta escrita

Una vez agotado el apartado relacionado a los aspectos individuales que orientan el proceso de indagación de la vulnerabilidad educativa cultural, pasamos a explicar el procedimiento que se siguió para el tratamiento de la información y para el análisis exploratorio descriptivo de los datos.

El tratamiento de la información se desarrolló mediante el programa Excel 2007®. Bajo este ambiente procedimos a diseñar la base de datos para luego realizar la respectiva tabulación y análisis de los datos estadísticos. Ello nos permitió verificar e interpretar los resultados individuales de las preguntas 1, 4, 5 y 6 del instrumento aplicado (primer grupo de preguntas). Las preguntas 2, 3 y 7 se consideran preguntas complementarias de refuerzo, que nos permite juzgar la idoneidad de los resultados obtenidos en las preguntas identificadas en el primer grupo.

El análisis exploratorio descriptivo de los datos se desarrolló exclusivamente para las preguntas identificadas en el primer grupo (preguntas 1, 4, 5 y 6), tal como se mencionó anteriormente y se realizó a partir de valores, rangos y niveles de vulnerabilidad (Tabla 15):

Tabla 15: Valores empleados para el análisis exploratorio descriptivo de los datos

Valores prefijados de vulnerabilidades parciales (Categoría)	Rangos de vulnerabilidad	Niveles de Vulnerabilidad	Criterios
4	> 75 %	Muy Alto	
3	> 50 o ≤ 75 %	Alto	
2	≥ 25 o ≤ 50%	Moderado	
1	< 25 %	Bajo	

La primera columna de la Tabla 15 se refiere a la asignación de los respectivos valores prefijados de vulnerabilidades parciales y/o categorías a saber: (primera fila) Valor 4 para un nivel de vulnerabilidad muy alto; (segunda fila) Valor 3 para un nivel de vulnerabilidad alto; (tercera fila), Valor 2 para un nivel de vulnerabilidad moderado; y (cuarta fila) Valor 1 para un nivel de vulnerabilidad bajo.

La segunda y tercera columnas se refieren a los rangos de vulnerabilidades. Asociamos la categoría 4 en la primera fila con el rango de vulnerabilidad > 75%, cuyo nivel de vulnerabilidad se relaciona con un nivel de vulnerabilidad muy alto; la categoría 3, en la segunda fila, está relacionada con rango de vulnerabilidad que se encuentra entre los rangos de vulnerabilidad > 50 % o ≤ 75 % (nivel de vulnerabilidad alto); la categoría 2 en la tercera fila se relaciona con el

rango de vulnerabilidad que se encuentra entre los rangos de vulnerabilidad ≥ 25 o ≤ 50 % (nivel de vulnerabilidad moderado); y, por último, la vulnerabilidad parcial 1 en la cuarta fila se relaciona con el rango de vulnerabilidad < 25 %, (nivel de vulnerabilidad bajo).

Los criterios ubicados en la cuarta columna justifican cada uno de los niveles de vulnerabilidad. Estos criterios se basan en las preguntas del primer grupo: preguntas 1, 4, 5 y 6.

Una vez procesada la información y realizado el respectivo análisis exploratorio descriptivo de los datos para cada una de las preguntas seleccionadas, se procedió a aplicar el método aditivo de rangos. Este método permite estimar el nivel de vulnerabilidad total. Para ello se toma única y exclusivamente el resultado final, es decir, el resultado final de la categoría del valor prefijado de la vulnerabilidad parcial obtenido para cada una de las preguntas seleccionadas: preguntas 1, 4, 5 y 6. Posteriormente a cada uno de los resultados obtenidos por categoría se le asocia un peso del 25%, lo que equivale a distribuir equitativamente los pesos de las vulnerabilidades finales parciales por categorías de cada una de las preguntas. La sumatoria de los resultados de las cuatro vulnerabilidades parciales por categoría permite abarcar el 100% que en nuestro caso representa el numerador, es decir, la sumatoria de las 4 fraccionarias elegidas. Posteriormente, estas cuatro fracciones se dividen entre el denominador que en este caso es 4 (cantidad del número de preguntas seleccionadas). Ello indica el número de partes en que se divide la unidad. Dicho resultado permite determinar el nivel de vulnerabilidad total, el cual se asocia con su respectivo nivel de vulnerabilidad final educativa - cultural, tal como se puede visualizar en las Tablas 16 y 17.

Tabla 16. Método aditivo de rangos para estimar el nivel de vulnerabilidad total.

Vulnerabilidad	Pregunta 1 (25%)	Pregunta 4 (25%)	Pregunta 5 (25%)	Pregunta 6 (25%)	Σ	Categoría	Nivel de vulnerabilidad
Educativa-Cultural							

Tabla 17. Método aditivo de rangos para estimar el nivel de vulnerabilidad parcial y final.

Valores prefijados de vulnerabilidades totales según su (categoría)	Niveles de Vulnerabilidades finales educativa – cultural
4	Muy Alto
3	Alto
2	Moderado
1	Bajo

4.5 Aproximación al escenario de riesgo de desastres Natech.

Para evaluar un posible escenario de riesgo de desastre socionatural y tecnológico (riesgo Natech) en los espacios físicos en los que se localiza la instalación de servicios industriales PGJJBO (territorio de impacto), identificada como área de estudio N° 1 (Mapa 1) consideramos la afirmación que ofrece Suárez (en Natech, 2022):

Los Natech son considerados eventos de baja probabilidad, pero las afectaciones en amplias áreas y la magnitud de sus consecuencias han demostrado que representan una alta amenaza para la sociedad. Esto, debido a que la liberación de materiales peligrosos puede originar escenarios de incendio, explosión, nubes tóxicas y contaminación de los ecosistemas. (p. 42)

Cada uno de los componentes identificados en la afirmación de Suárez son vinculantes con el presente estudio de caso y hace pertinente su evaluación. Luego de evaluarlos, se identificaron los mapas que permiten complementar cartográfica y esquemáticamente la manera en que se puede evaluar un posible escenario de riesgo Natech en el territorio de impacto, la PGJJBO.

Retomando la definición de Natech (véase sección 2.2, del Capítulo 2), identificamos los componentes del presente estudio: Un Natech, es un “accidente tecnológico” (fuga y/o explosión), “desencadenado por un flujo de peligro de origen natural” (movimiento de ladera del tipo desprendimiento de roca), “en una instalación industrial” (instalación de servicios industriales PGJJBO), y que “implica la liberación de sustancias peligrosas” (Gas Licuado de

Petróleo). Seguidamente, pasamos a presentar los diferentes métodos y técnicas bajo las cuales se realizarán las respectivas evaluaciones.

El accidente tecnológico de tipo incendio y/o explosión será modelado bajo el programa informático ALOHA “Localización de áreas para atmósferas peligrosas” y MARPLOT “visualizador cartográfico”. Este programa nos permitirá, (1) modelar la zona de afectación producida por la liberación (fuga) del producto químico peligroso, GLP; y (2) modelar el área de afectación del accidente tecnológico de tipo explosión. En lo que respecta al flujo de peligro de origen natural, este es evaluado a partir de los niveles de susceptibilidad a la ocurrencia de movimiento de ladera del tipo *desprendimiento de rocas*, a partir de la aplicación del método heurístico propuesto por Degraff y Romesburg (1980, en Ayala et al, 2015). Con la aplicación de este método se aspira estimar los diferentes niveles de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de ladera del tipo *desprendimiento de rocas*, presente en la ladera frontal a la instalación de servicios. Por último, la liberación de la sustancia peligrosa inserta en la definición de Natech será evaluada bajo el método propuesto por Cardoso et al. (2013). Esta metodología permite estimar, en caso de producirse el movimiento de ladera, si el material desplazado conseguiría impactar el elemento expuesto *muro perimetral de la instalación de servicios industriales*, que se encuentra contiguo a los tanques de almacenamiento de 12.897 Gal c/u. Según la intensidad de energía cinética liberada por el impacto del material rocoso desplazado, se produciría la posible pérdida de contención del material peligroso (GLP) contenido en los tanques de almacenamiento ya identificados.

La metodología propuesta por la OECD (2022) no menciona ni identifica el componente relacionado con la vulnerabilidad del personal que cumple funciones en la instalación de servicios industriales. Para el presente estudio, el componente referido a la vulnerabilidad educativa y cultural será evaluado según la definición que ofrece el artículo 40 de la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos (2009), descrito en el apartado 4.4 de este mismo capítulo.

En la siguiente página, se presenta la Fig. 6 correspondiente al esquema cartográfico empleado para obtener el mapa de un posible escenario de riesgos Natech.

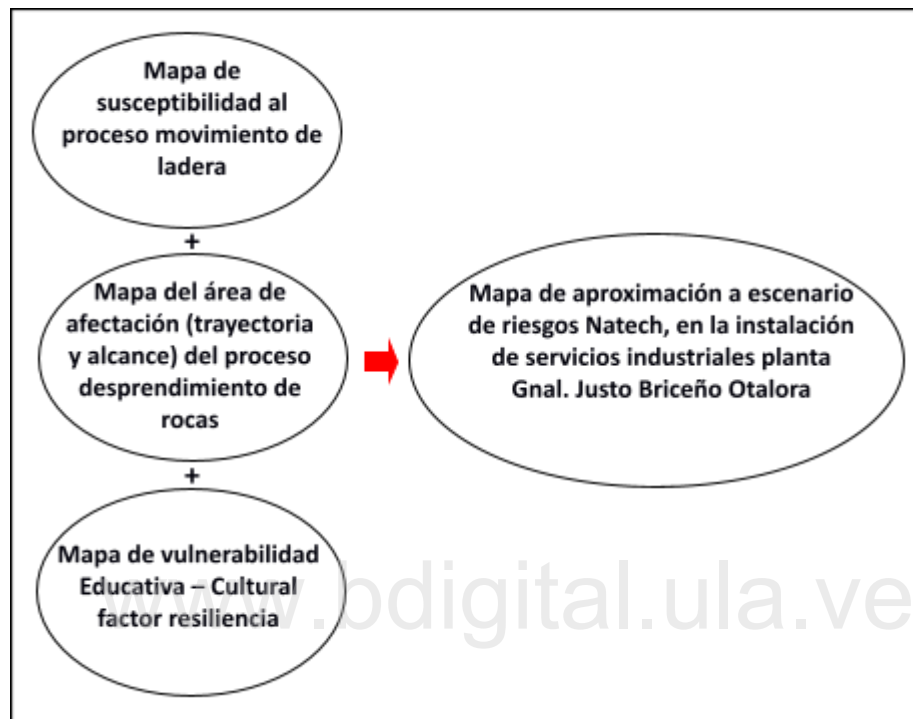


Fig. 6. Esquema cartográfico para obtener el mapa de posibles escenarios de riesgos Natech.

4.5.1 Condicionantes generales para evaluar un posible escenario de riesgo de desastre Natech en la instalación de servicios industriales planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

A continuación, se presentan los tres condicionantes generales identificados en el esquema cartográfico anterior (Fig. 6) y que nos permiten elaborar el mapa de aproximación a escenario de riesgo Natech según los posibles escenarios de riesgo de desastre al que está expuesto el elemento expuesto: la instalación de servicios industriales PGJJBO, el personal, los elementos, los procesos y la continuidad en la prestación del servicio de distribución de GLP a usuarios finales residenciales, médico asistenciales y educativos adscritos al ámbito territorial de distribución de la instalación de servicios industriales.

1. Nivel Susceptibilidad al proceso geodinámico movimiento de ladera del tipo desprendimiento de roca, de la ladera frontal a la instalación de servicios industriales.
2. Área de afectación (trayectoria y alcance) del proceso geodinámico *movimiento de ladera del tipo desprendimiento de roca*, de la ladera frontal a la instalación de servicios industriales.
3. Nivel de vulnerabilidad educativa – cultural del personal que cumple funciones directas en la instalación de servicios industriales.

4.5.2 Criterios para identificar los posibles niveles de escenario de riesgo de desastre Natech en la instalación de servicios industriales planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

4.5.2.1 Escenario de riesgos de desastre Natech muy alto

Susceptibilidad a movimientos de masa del tipo *desprendimiento de roca*, de la ladera frontal a la PGJJBO, muy alto; Trayectoria del material susceptible de ser desplazado, en trayectoria y dirección al elemento expuesto Planta Gnal "Jose Justo Briceño Otalora"; Distancia de recorrido del material susceptible de ser afectado por la inestabilidad (desprendimientos de rocas) entre 26,91 y 36, 81 m, suficiente para impactar el elemento expuesto: muro perimetral de la PGJJBO y los dos tanques de almacenamiento GLP de 12.897 Gal c/u; Vulnerabilidad educativa cultural muy alta por causa de las siguientes consideraciones:

- (1) Más del 75% del personal no identifica en su totalidad los peligros y/o eventos internos y externos (amenazas) a los que están expuestos.
- (2) Más del 75% del personal no ha participado en actividades de formación para detectar, diagnosticar, caracterizar y evaluar posibles escenarios de riesgo de desastre Socionatural, Tecnológico y/o evento Natech.
- (3) Más del 75% del personal desconoce si la instalación de servicios industriales posee un plan especial orientado a disminuir los niveles de riesgo identificados.

- (4) Más del 75% del personal no han sido notificados, ni han participado en actividades orientadas a disminuir los niveles de vulnerabilidad identificados.
- (5) Institucionalmente no se han abordado medidas estructurales orientadas a la reducción de las amenazas identificadas mediante la implementación de medidas correctivas estructurales (obras civiles) para controlar la inestabilidad del macizo rocoso, para proteger los elementos expuestos con el fin de reducir la exposición a la amenaza.
- (6) Un porcentaje superior al 75% del personal no han sido formados ni preparados en protocolos de acción y atención en caso de presentarse eventos físico naturales y/o accidentes tecnológicos detonadores de eventos Natech dentro y en los alrededores de la instalación de servicios industriales.

4.5.2.2 Escenario de riesgos de desastre Natech alto.

Susceptibilidad a movimientos de masa del tipo desprendimiento de roca, de la ladera frontal a la PGJJBO muy alto. Trayectoria del material susceptible de ser desplazado, en trayectoria y dirección al elemento expuesto PGJJBO. Distancia de recorrido del material susceptible de ser afectado por la inestabilidad (desprendimientos de rocas) entre 26,91 y 36,81 m, suficiente para impactar el elemento expuesto: muro perimetral de la PGJJBO y los dos tanques de almacenamiento GLP de 12.897 Gal c/u. Vulnerabilidad educativa cultural alta por las siguientes consideraciones:}

- (1) Entre el 51 y 75% del personal no identifica en su totalidad los peligros y/o eventos internos y externos (amenazas) a los que están expuestos.
- (2) Entre el 51 y 75% del personal no ha participado en actividades de formación para detectar, diagnosticar, caracterizar y evaluar posibles escenarios de riesgo de desastre Socionatural, Tecnológico y/o evento Natech.
- (3) Entre el 51 y 75% del personal desconoce si la instalación de servicios industriales posee un plan especial orientado a disminuir los niveles de riesgo identificados.
- (4) Entre el 51 y 75% del personal no han sido notificados, ni han participado en actividades orientadas a disminuir los niveles de vulnerabilidad identificados.

- (5) Institucionalmente no se han abordado medidas estructurales orientadas a la reducción de las amenazas identificadas mediante la implementación de medidas correctivas estructurales (obras civiles) para controlar la inestabilidad del macizo rocoso o para proteger los elementos expuestos. Esto con el fin de reducir la exposición a la amenaza.
- (6) Entre el 51 y 75 % del personal no han sido formados ni preparados en protocolos de acción y atención en caso de presentarse eventos físico naturales y/o accidentes tecnológicos detonadores de eventos Natech en y los alrededores de la instalación de servicios industriales.

4.5.2.3 Escenario de riesgos de desastre Natech moderado.

Susceptibilidad a movimientos de masa del tipo desprendimiento de roca, de la ladera frontal a la PGJJBO muy alto. Trayectoria del material susceptible de ser desplazado, en trayectoria y dirección al elemento expuesto PGBJO. Distancia de recorrido del material susceptible de ser afectado por la inestabilidad (desprendimientos de rocas) entre 26,91 y 36, 81 m, suficiente para impactar el elemento expuesto: muro perimetral de la PGJJBO y los dos tanques de almacenamiento GLP de 12.897 Gal c/u. Vulnerabilidad educativa cultural moderada, por las siguientes consideraciones:

- (1) Entre el 26 y 50% del personal no identifica en su totalidad los peligros y/o eventos internos y externos (amenazas) a los que están expuestos.
- (2) Entre el 26 y 50% del personal no ha participado en actividades de formación para detectar, diagnosticar, caracterizar y evaluar posibles escenarios de riesgo de desastre Socionatural, Tecnológico y/o evento Natech.
- (3) Entre el 26 y 50% del personal desconoce si la instalación de servicios industriales posee un plan especial orientado a disminuir los niveles de riesgo identificados.
- (4) Entre el 26 y 50% del personal no han sido notificados, ni han participado activamente en actividades (acciones y prácticas) orientadas a disminuir los niveles de vulnerabilidad identificados.

- (5) Institucionalmente no se ha abordado medidas estructurales orientadas a la reducción de las amenazas identificadas mediante la implementación de medidas correctivas estructurales (obras civiles) para controlar la inestabilidad del macizo rocoso o para proteger los elementos expuestos con el fin de reducir la exposición a la amenaza.
- (6) Entre el 26 y 50% del personal no han sido formados ni preparados en protocolos de acción y atención en caso de presentarse eventos físico naturales y/o accidentes tecnológicos detonadores de eventos Natech dentro y los alrededores de la instalación de servicios industriales.

4.5.2.4 Escenario de riesgos de desastre Natech bajo

Susceptibilidad a movimientos de masa del tipo desprendimiento de roca, de la ladera frontal a la PGJJBO muy alto. Trayectoria del material susceptible de ser desplazado, en trayectoria y dirección al elemento expuesto PGJJBO. Distancia de recorrido del material susceptible de ser afectado por la inestabilidad (desprendimientos de rocas) entre 26,91 y 36, 81 m, suficiente para impactar el elemento expuesto: muro perimetral de la PGJJBO y los dos tanques de almacenamiento GLP de 12.897 Gal c/u. Vulnerabilidad educativa cultural baja, por las siguientes consideraciones:

- (1) Más del 75% del personal identifica en su totalidad los peligros y/o eventos internos y externos (amenazas) a los que están expuestos.
- (2) Más del 75% del personal ha participado en actividades de formación para detectar, diagnosticar, caracterizar y evaluar posibles escenarios de riesgo de desastre Socionatural, Tecnológico y/o evento Natech.
- (3) Más del 75% del personal está en conocimiento de algún plan especial de reducción de riesgo de desastre orientado a disminuir los niveles de riesgo identificados en la instalación de servicios industriales.
- (4) Más del 75% del personal ha participado activamente en actividades (acciones y prácticas) orientadas a disminuir los niveles de vulnerabilidad identificados.

- (5) Institucionalmente se han ejecutado medidas para la reducción de las amenazas identificadas mediante la implementación de medidas correctivas estructurales (obras civiles) para controlar la inestabilidad del macizo rocoso y/o para proteger los elementos expuestos; esto con el fin de reducir la exposición a la amenaza.
- (6) Más del 75% del personal ha participado activamente en actividades de formación y/o protocolos de acción y atención en caso de presentarse emergencia desencadenadas por eventos físico naturales y/o accidentes tecnológicos detonadores de eventos Natech en y los alrededores de la instalación de servicios industriales.

En este capítulo se describió el enfoque de estudio, el tipo de investigación y los diferentes métodos que se aplicaron para cercar el análisis orientado a gestionar el riesgo de desastre Natech que presenta el área donde se encuentra la planta de llenado de GLP “Gral. Jose Justo Briceño Otalora”. En el siguiente capítulo se muestran los resultados obtenidos de la investigación.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos de la aplicación de los tres métodos utilizados en el presente estudio de caso: (1) método de Degraff y Romesburg (1998, en Ayala *et al.*, 2015), para delimitar las diferentes áreas según el nivel de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa del tipo *desprendimiento de rocas*; (2) El método propuesto por Cardoso *et al.* (2013), para el cálculo de la distancia de recorrido de materiales (rocas) afectado por una inestabilidad de tipo *desprendimiento de rocas*; y (3) la encuesta escrita (cuestionario), cuyo objetivo fue estimar la vulnerabilidad educativa cultural del factor resiliencia, del personal que cumple labores diarias en la instalación industrial PGJJBO.

5.1. Análisis de los factores condicionantes seleccionados para la zonificación de las diferentes áreas según el nivel de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de ladera del tipo desprendimiento de rocas

5.1.1 Factor condicionante Geomorfología.

Este factor se cumplió a partir de las valoraciones realizadas a los factores: unidad del relieve, componentes (subunidad geomorfológica) e inventario del proceso geodinámico desprendimientos de rocas. Estos dos componentes se consideraron de relevancia para identificar, delimitar y describir las formas y los procesos que han influido en la configuración y evolución del paisaje actual de la ladera frontal a la planta.

Componente valorado

Unidad de relieve – Subunidad geomorfológica

El área de estudio, que en nuestro caso corresponde a la ladera frontal a la instalación industrial PGJJBO, abarca una extensión de 14.053,77 m², tal como se puede visualizar en el Mapa 1, correspondiente a la localización del área de estudio. En la Fotografía 1 (flanco derecho del área de estudio) y Fotografía 2 (flanco izquierdo del área de estudio), se detallan las tres subunidades

geomorfológicas a saber: superior o cima, intermedia e inferior o pie, las cuales visiblemente son diferenciables por sus características físicas (cambios en la topografía). Este componente adicionalmente permitió localizar las áreas inestables y/o susceptibles a la rotura junto con la fuente de origen de los procesos geodinámicos (desprendimiento de rocas) que se han venido sucediendo y cuya valoración se realiza en el siguiente componente.



Fotografía 1. Flanco derecho del área de estudio.



Fotografía 2. Flanco izquierdo del área de estudio.

Componente valorado

Depósito al pie de la ladera, material desplazado

Según Varnes (1985, en INDECI 2011), los movimientos de masa probablemente ocurrirán bajo las mismas condiciones geomorfológicas y geológicas en que se han producido en el pasado y se están produciendo en la actualidad. Esta premisa afianza la importancia de incluir la valoración de este componente en el presente estudio de caso, con el fin de certificar la ocurrencia o no de movimientos de ladera pasados, bajo el componente depósitos al pie de la ladera; y, segundo complementar y/o orientar el inventario, localización y distribución del proceso geodinámico actual, a partir de la identificación de la trayectoria de los caídos.

Resultados del inventario, localización y distribución del procesos geodinámicos pasados

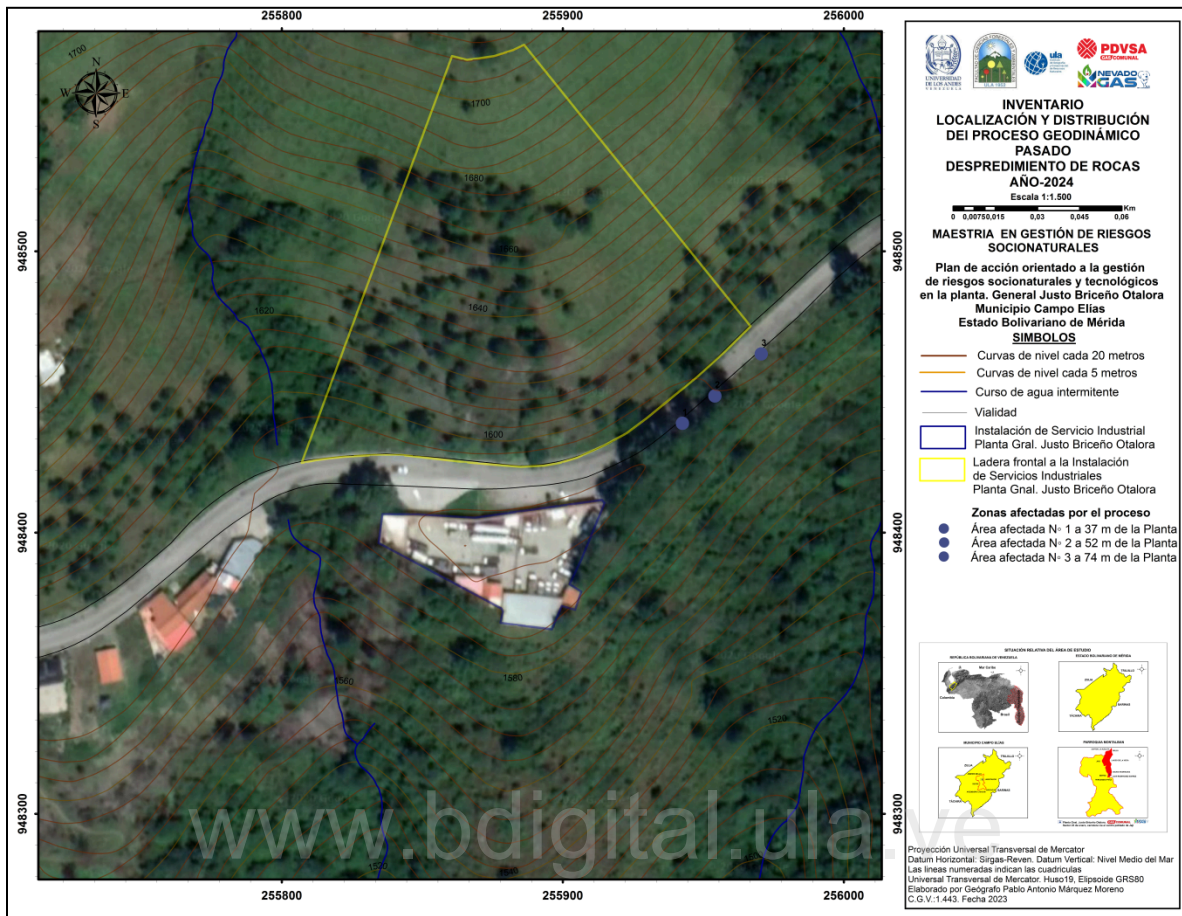
Estos resultados se obtuvieron a partir de la georreferenciación de las rocas de metabrechas desprendidas de la ladera frontal a la planta y posterior corroboración de las distancias parciales con un punto de referencia fijo (esquina izquierda de la instalación de servicios industriales), tal como se puede evidenciar en la Fotografía 3, en la cual se demuestra la presencia de los caídos en las adyacencias de la instalación de servicios industriales PGJJBO (área de estudio).



Fotografía 3. Caidos (identificados en círculo rojo) en las inmediaciones de la Instalación de servicios industriales Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora". Distancias parciales tomadas a partir de un punto fijo de referencia, en la esquina izquierda de la Planta, identificado con la flecha de color amarillo.

Los resultados de este primer factor permitieron la elaboración del Mapa 3, correspondiente al Inventario, localización y distribución del proceso geodinámico pasado, desprendimiento de rocas. En este se obtuvieron los siguientes productos:

1. El número de caídos (3);
2. La localización de los caídos (área afectada);
3. La distribución espacial de los caídos (distancias parciales con respecto al elemento expuesto instalación de servicios industriales), a saber: área afectada N°1 a 37 metros, área afectada N°2 a 52 metros y el área afectada N°3 a 74 metros.



Mapa 3 Inventario localización y distribución del proceso geodinámico pasado.

Resultados del inventario, localización y distribución del proceso geodinámico actual

Con el fin de integrar el componente antes valorado, se presentan los resultados obtenidos del componente Inventario, localización y distribución del proceso geodinámico actual. Los resultados se obtuvieron a partir de la georreferenciación del área que ocupa el proceso dinámico, *desprendimiento activo de rocas*, localizado en la parte superior de la ladera, cuyo rasgo distintivo es el afloramiento del macizo rocoso, tal como se evidencia en las Fotografías 4 y 5.

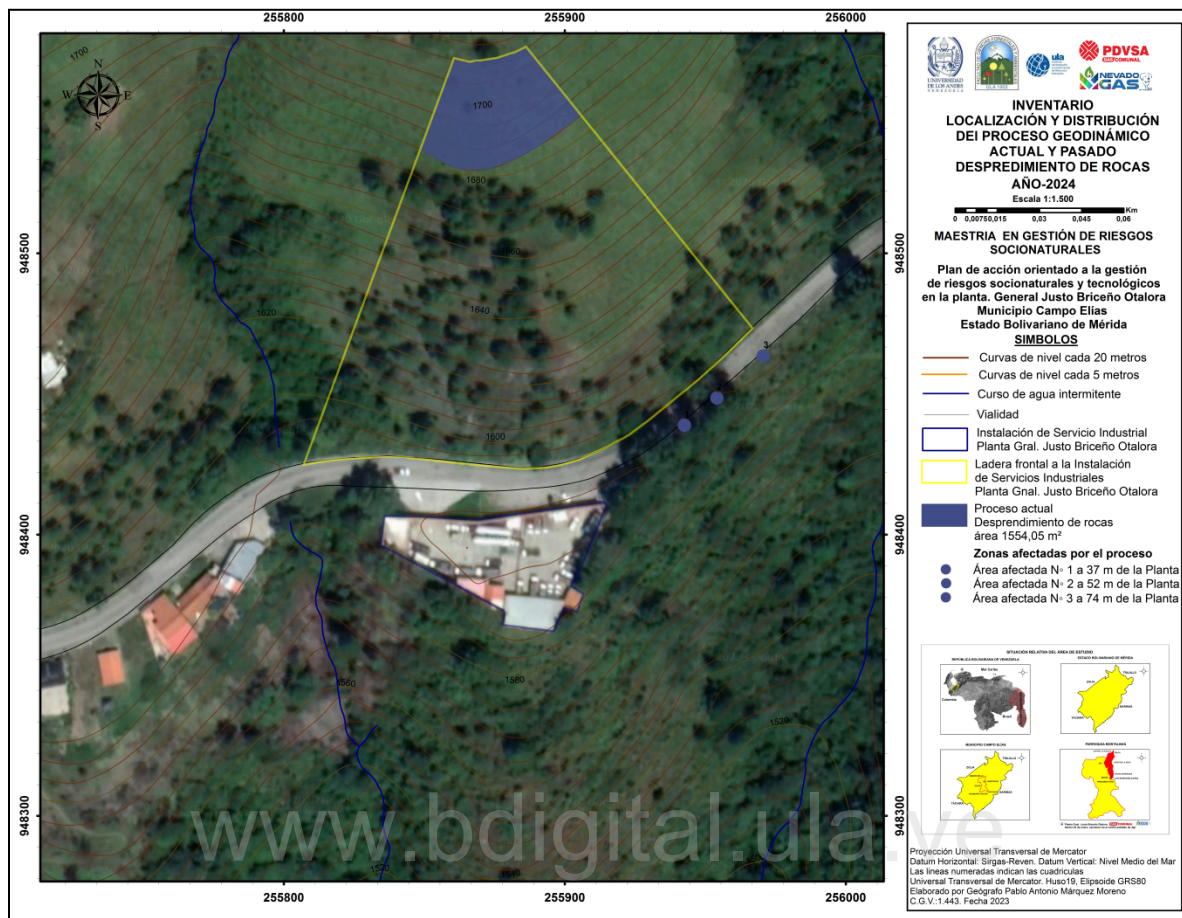


Fotografía 4. Georreferenciación del afloramiento del macizo rocoso, segmento superior.



Fotografía 5.
Georreferenciación del afloramiento del macizo rocoso, segmento inferior.

Los resultados de este segundo factor permitieron la elaboración del Mapa 4, correspondiente al mapa de Inventario, localización y distribución del proceso geodinámico actual y pasado, donde además de los elementos y procesos presentes en el Mapa 3, se identificaron la localización del proceso actual (desprendimiento de rocas) y el área ocupada por el mismo.

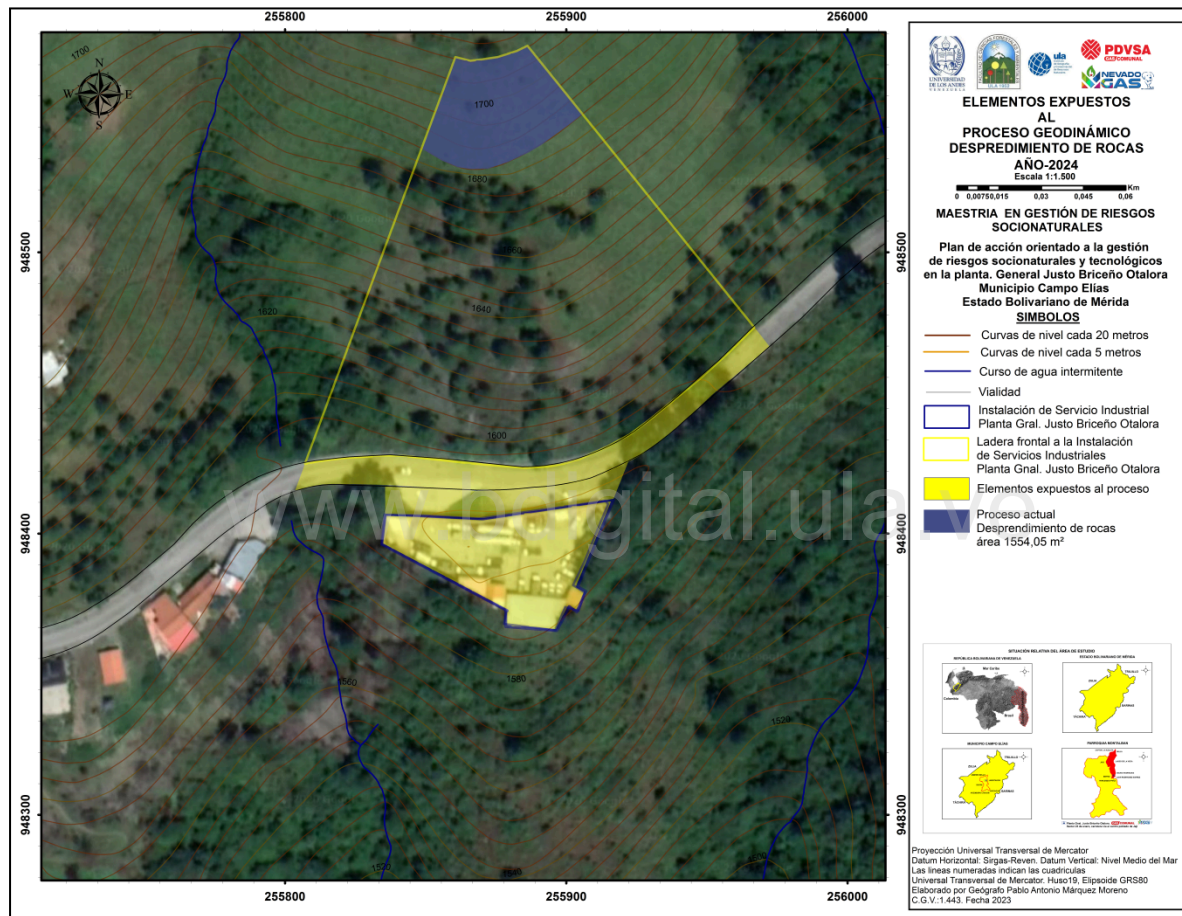


Mapa 4. Inventario localización y distribución del proceso geodinámico actual y pasado.

Inventario, localización y distribución de las zonas afectadas/elementos expuestos, a partir de los resultados obtenidos y representados en la cartografía (mapa) de inventario, localización y distribución de los procesos geodinámicos pasados.

Según González de Vallejo *et al.*, (2004), los elementos expuestos pueden ser personas, bienes, propiedades, infraestructuras, servicios, actividades económicas, etc., que pueden sufrir las consecuencias directas o indirectas de un proceso geológico en una determinada zona. A partir del Mapa 3 sobre Inventario, localización y distribución del proceso geodinámico pasado, se localizaron las zonas afectadas, lo que generó por corolario el mapa de elementos expuestos (Área de estudio N° 1) al proceso geodinámico desprendimiento de rocas (mapa preliminar), tal como se muestra en el Mapa 5.

A partir de este mapa y considerando los cálculos para estimar la distancia de recorrido por el material movilizado por una inestabilidad (desprendimiento de rocas) que se presenta posteriormente, se certifica si el elemento expuesto (instalación industrial PGJJBO) identificado en la cartografía (Mapa 3) se encuentra en la zona de afectación, ya que si el material no alcanza el elemento expuesto (área de estudio N° 1), el riesgo asociado será nulo.



Mapa 5. Elementos expuestos al proceso geodinámico.

Descripción del patrón de caída del movimiento de ladera desprendimiento de rocas.

Según Cardoso *et al.*, (2013), en taludes y/o laderas con ángulos entre 30° y 70° que corresponde a los rangos de pendientes que se encuentran en la ladera frontal a la instalación industrial PGJJBO, el material tiene mayor tendencia a rebotar o rodar, lo que supone mayor movilidad.

Descripción de la velocidad que podrían adquirir las rocas desprendidas

Según De Matos (1988, en Cardoso *et al.*, 2013), el aumento de la movilidad está condicionado por varios factores: en primer lugar, el efecto combinado de la energía desarrollada durante el movimiento ladera abajo, lo cual favorece la rotura del material en partículas de menor tamaño, en segundo lugar, el estrechamiento del camino recorrido por el material y, en tercer lugar, la existencia de agua. Sin embargo, se suman unos condicionantes particulares que limitan el aumento de la movilidad como son los obstáculos existentes en el camino recorrido por el material, las propiedades y geometría de depositación del material y la geometría y perfil de la ladera.

Según Varnes (1958, en INDECI 2011), la tasa de movimiento aproximada de los movimientos de masa del tipo desprendimientos o caídas de rocas son los más rápidos, clasificados en el rango de movimientos extremadamente rápidos, los cuales pueden alcanzar velocidades de 3m/s. En esta misma línea, Varnes (1978, en INDECI, 2011) clasifica los movimientos de masa del tipo desprendimiento de rocas o caídas de rocas bajo la clase de velocidad 7, y los describe como movimientos extremadamente rápidos, los cuales pueden alcanzar velocidades de 5×10^3 mm/seg o una velocidad típica de 5 m/seg.

Descripción de los efectos o daños probables producto de la energía liberada (intensidad) producto del impacto de los desprendimientos de rocas.

Según Varnes (1978, en INDECI, 2011) y anteriormente, Morgenstern (1958, en INDECI, 2011), las posibles consecuencias y/o daños probables de movimientos de masa clasificada con velocidad 7, que se enmarca en la categoría de movimientos extremadamente rápidos son: catástrofe de gran violencia y edificaciones destruidas por el impacto del material desplazado. En consecuencia, muchas muertes.

5.1.2 Factor condicionante Geológico – geotécnico

Este factor se valoró a partir de cinco componentes considerados de relevancia para cumplir los objetivos planteados en el presente estudio, a saber:

- (1) presencia de falla (observada);
- (2) número de familias de discontinuidades;
- (3) espaciamiento entre discontinuidades;
- (4) tamaño del bloque en función del número de discontinuidades;
- (5) estimación aproximada y clasificación de la resistencia a compresión simple de rocas a partir de índices de campo.

Ello permitió obtener las clases de las condiciones geomecánicas presentes en el área de estudio.

Como introducción al análisis de los resultados se describen las características de las rocas (litología) presentes en el área de estudio. Se encuentran conformadas por brechas o metabrechas de la formación Sabaneta, distribuidas, en primer lugar, homogéneamente en el afloramiento del macizo rocoso principal, localizado en la parte superior del área de estudio, como se puede evidenciar en Fotografía 6; y, en segundo lugar, heterogéneamente a lo largo de la superficie restante de la ladera, como se mencionó anteriormente.

La formación Sabaneta, formación única presente en el área de estudio (área de estudio N° 2), abarca una extensión total de 14.053,77 m², equivalente al 100% del área evaluada, (Fig. 7, siguiente página). Dicha área ocupa geográficamente la ladera frontal a la instalación de servicios industriales PGJJBO, tal como se evidenció en el Mapa 1 (Área de estudio).

A continuación se detallan las características de la roca a partir de las valoraciones realizadas durante las múltiples salidas al campo.

1. Dureza: la rocas de metabrechas presentes en el área de estudio se caracterizan por ser extremadamente competente, al ser golpeadas con martillo de estas solo salta esquirlas.

1. Número de familias de diaclasa: de las observaciones y mediciones realizadas en campo se pudieron contabilizar (afloramiento del macizo rocoso) tres familias de diaclasa con un patrón perpendicular, lo que notoriamente condiciona el desprendimiento de los bloques de roca de la matriz de la roca madre.
2. Familias de discontinuidades: en el resto del área de estudio a excepción del área en donde se localiza la berma, se contabilizaron dos familias de discontinuidades más otras ocasionales; mientras que en el resto del área de estudio (berma) solo se contabilizó una familia de discontinuidades.

Es importante destacar que durante las labores de campo, se evidencio un primer grupo de rocas claramente adosadas a la matriz del afloramiento rocoso principal; un segundo grupo individualizadas y desprendidas de la matriz de la roca principal en nichos de salida y/o enterradas en un perfil de meteorización aún *in situ*, y, por último, un tercer grupo de rocas individualizadas desprendidas del macizo rocoso principal en tránsito, como se evidencia en la Fotografía 6 (afloramiento del macizo rocoso). Esto circunstancialmente determina la predisposición a la ocurrencia del proceso geodinámico *desprendimiento de rocas*, tal como se evidenció en los resultados obtenidos en el componente valorado inventario, localización y distribución del proceso geodinámico desprendimiento de rocas pasado. Si bien en campo no se constató evidencia de procesos de meteorización elevados, el grado de fracturación y el espaciamiento entre las discontinuidades, condicionan los esfuerzos tensionales a los que está expuesta la roca madre, lo que influye indudablemente en la predisposición a la ocurrencia de movimientos de ladera del tipo *desprendimientos de rocas*.

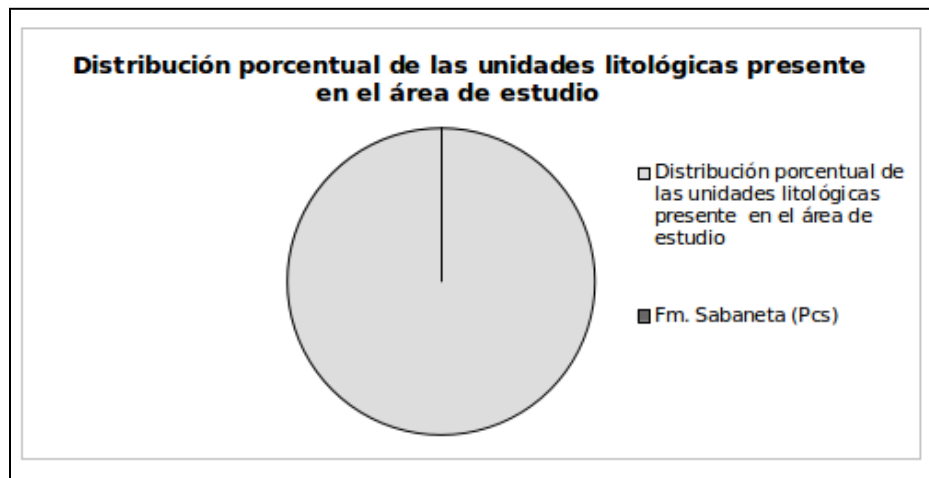


Figura 7. Distribución porcentual de la unidad litológica presente en el área de estudio; 100, 100%.



Fotografía 6: Afloramiento del macizo rocoso.

Los componentes valorados que conforman el factor geológico – geotécnico fueron integrados mediante la superposición de los diferentes polígonos resultantes en el SIG ArcGIS v.10.4.1, dando como resultado las condiciones geomecánicas de la roca en el área de estudio, cuyas clases se encuentran entre las condiciones **moderadas a malas**, tal como se visualizan en la Fig. 8.

Distribución porcentual de las condiciones
geomecánicas en el área de estudio

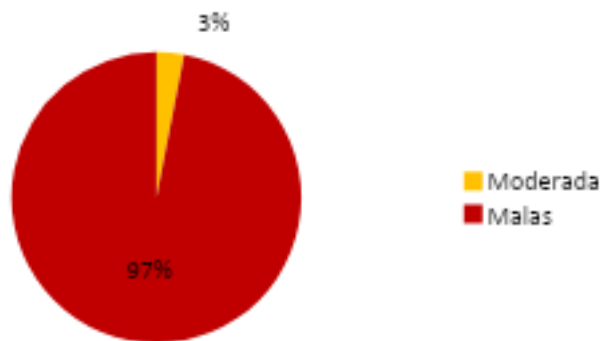


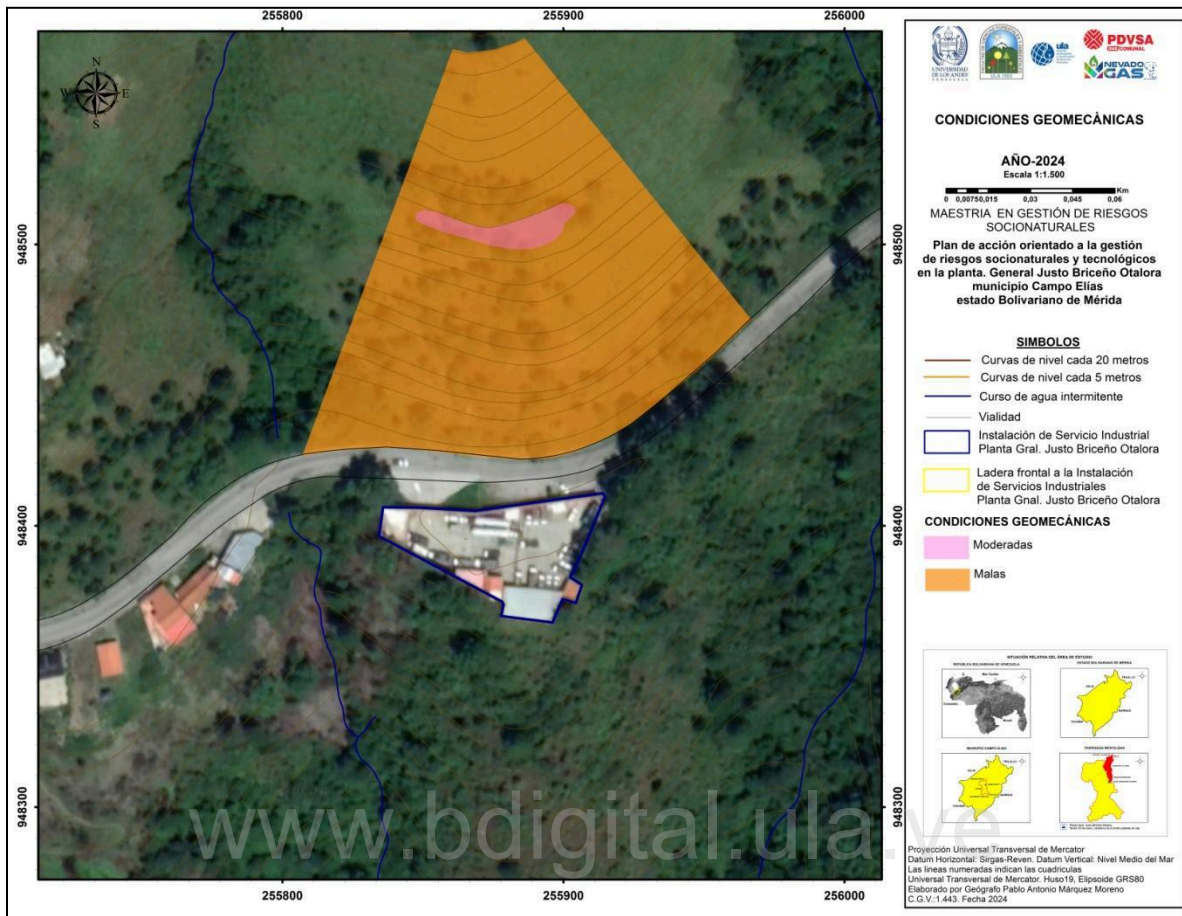
Figura 8. Rangos de condiciones geomecánicas de
la roca

Estos resultados arrojados dan cuenta de las condiciones geomecánicas que condicionan notablemente los procesos de inestabilidad y determinan el proceso geodinámico *desprendimiento de rocas*.

A continuación se detallan las condiciones geomecánicas presentes en el área de estudio y la extensión en superficie ocupadas por cada una de estas

Área con condiciones geomecánicas malas: esta clase se encuentra en un 97% del área total, lo que equivale a 13.620,1m². Estas condiciones se localizan en el área de estudio (ladera frontal a la instalación industrial) a excepción del área por donde discurre el plano de falla y que formó una berma.

Área con condiciones geomecánicas moderadas: Abarca el 3% del área total, lo que equivale a 433,67 m², localizadas en el área de la berma, como se puede visualizar en el Mapa 6, condiciones geomecánicas.



Mapa 6. Condiciones geomecánicas

A continuación se describe detalladamente cada uno de los componentes valorados del factor condicionante geológico – geotécnico, que permitió obtener las condiciones geomecánicas de la roca en el área de estudio (ladera frontal a la instalación de servicios industriales PGJJBO, tal como se detalla en la Fig. 8 y el Mapa 6.

Componente valorado

Presencia de falla (observada) y/o presencia de estructuras tectónicas

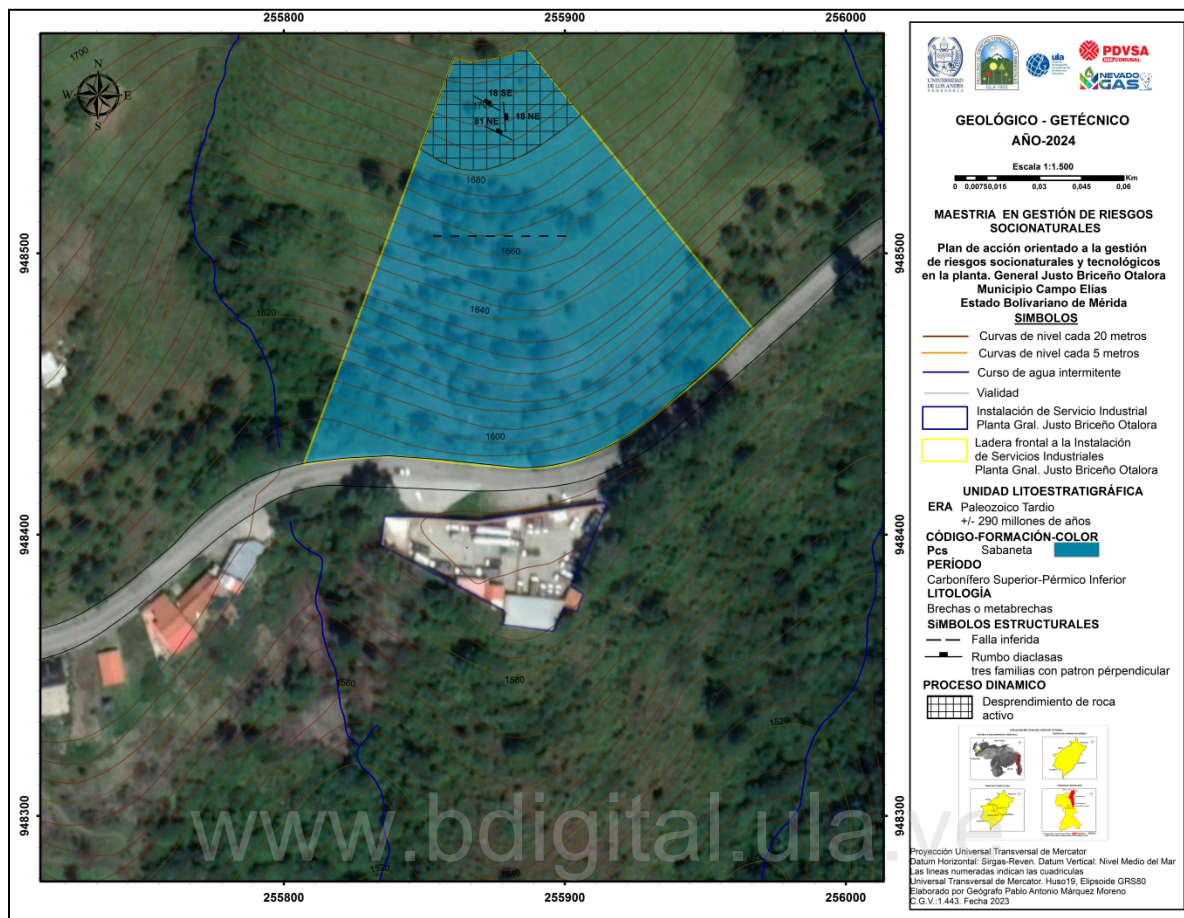
Se presenta el Mapa 7 que corresponde al mapa geológico—geotécnico del área de estudio. En esta cartografía se puede identificar un plano de falla con componente vertical en el

componente estructural. La falla se localiza en la parte intermedia superior de la ladera frontal a la planta, lo que dio origen a una berma.

Este plano de falla muy posiblemente se corresponde, por sus características, con un fallamiento de desplazamiento vertical. Este fallamiento de desplazamiento vertical da cuenta de que en el afloramiento del macizo rocoso se produjo un comportamiento tensión-deformación en las rocas del tipo Frágil que, según González de Vallejo *et al.* (2004) es típico de rocas duras con alta resistencia. La fractura frágil implica una pérdida casi instantánea de la resistencia de la roca a través de un plano sin ninguna o muy poca deformación plástica. Esto se produce en periodos geológicos relativamente cortos (p. 152, 215, 668).

Por sus características, este componente puede ser evaluado con mayor profundidad en estudios posteriores, ya que si bien no se cuenta con información de actividad sísmica en el área de estudio, si esta falla es sismogénica, puede actuar como detonante de movimientos de ladera tipo desprendimiento de rocas futuros, según la posibilidad de movimientos de masa causados por sismos (Tabla 7) (Keefer, en Suárez, 1998).

En la Fotografía 7 se puede visualizar el plano de falla normal donde se identifica un borde o berma. En la Fotografía 8 se puede observar el fallamiento de desplazamiento vertical localizado en la margen izquierda de la imagen.



Mapa 7. Mapa geológico – geotécnico.



Figura 7. Plano de falla.



Fotografía 8. Fallamiento de desplazamiento vertical margen izquierdo de la berma.

Componente valorado

Número de familias de discontinuidades

En la Fotografía 9 se visualiza el afloramiento del macizo rocoso localizado en la parte superior del área de estudio. En sitio se observaron y midieron tres familias de diaclasas, además de otras ocasionales con dirección perpendicular, tal como se evidencia en la Fotografía 10. En las Fotografías 11 y 12 se visualiza el afloramiento del macizo rocoso localizado en la parte inferior baja e inferior media de la ladera frontal a la instalación industrial PGJBO. En el sitio se observaron y midieron dos familias de discontinuidades más otras ocasionales.



Fotografía 9. Afloramiento del macizo rocoso.



Fotografía 10. Trabajo de campo (estimación del número de familias de diaclasas)



Fotografía 11. Afloramiento del macizo rocoso localizado en la parte inferior baja



Fotografía 12. Afloramiento del macizo rocoso localizado en la parte inferior media

Componente valorado

Espaciamiento entre las discontinuidades

En la Fotografía 13 se observa el afloramiento del macizo rocoso principal, localizado en la parte superior del área de estudio. En sitio se midieron espaciamentos entre las discontinuidades que se encuentran en el rango de 60cm a 2 metros, mientras que en la parte intermedia e inferior del área de estudio se midieron espaciamentos que se encuentran en el rango de 2cm a 6 cm (Fotografía 14). En cuanto al espaciamiento entre las discontinuidades que se localizan en el borde o berma, los espaciados son menores a 2cm, como se observa en la Fotografía 15.



Fotografía 13. Trabajo de campo, área de estudio afloramiento del macizo rocoso principal (estimación del espaciamiento entre las discontinuidades)



Fotografía 14. Trabajo de campo, área de estudio parte intermedia e inferior (estimación del espaciamiento entre las discontinuidades)



Fotografía 15. Trabajo de campo, área de estudio borde o berma (estimación del espaciamiento entre las discontinuidades)

Componente valorado

Tamaño del bloque en función del número de discontinuidades

En las fotografías 16 y 17, se muestra el afloramiento del macizo rocoso principal, localizado en la parte superior o cima del área de estudio. En el mismo se observan bloques de roca de metabrechas de la formación Sabaneta con una descripción que se corresponde con bloques de tamaño (grande). En la fotografía 18, se observan bloques de roca con tamaño que se corresponde a una descripción de tamaño (mediano). Estos bloques se localizan en la parte intermedia e inferior del área de estudio (ladera frontal a la instalación industrial), mientras que los bloques identificados en la Fotografía 19, bloques de tamaño pequeño, se localizan en el borde o berma, sitio por donde discurre el plano de falla normal.



Fotografía 16. Área de estudio, afloramiento del macizo rocoso principal, tamaño de los bloques (grande).



Fotografía 17. Área de estudio, afloramiento del macizo rocoso principal, tamaño de los bloques (grande).



Fotografía 18. Área de estudio, parte intermedia e inferior, tamaño de los bloques (mediano).



Fotografía 19. Área de estudio, borde o berma, tamaño de los bloques (pequeño).

Componente valorado

Estimación aproximada y clasificación de la resistencia a compresión simple de rocas a partir de índices de campo.

A partir de la litología presente en el área de estudio caracterizada por la presencia de rocas de brechas o metabrechas de la formación Sabaneta (Fotografía 20), se constató a partir de pruebas realizadas en campo que estamos en presencia de rocas extremadamente duras (muy

competentes), que al golpearlas con el martillo solo saltan esquirlas. Esto da cuenta de que se corresponden con materiales de muy buena calidad geomecánica.



Fotografía 20. Área de estudio, afloramiento del macizo rocoso principal, bloques grandes de brechas o metabrechas de la formación Sabaneta.

A continuación se presentan los resultados de la valoración del factor geológico – geotécnico del área de estudio (Tabla 18).

Tabla 18. Resultados de la valoración del factor Geológico – geotécnico

Componente	Factor Geológico Geotécnico:		Peso	Berma	Ladera (restante)	Afloramiento del macizo rocoso
Factor	Condición					
Fallas alrededor del área	Presentes		3	3	3	3
	Ausentes		0			
Número de familias de discontinuidades (fracturas)	Descripción	Macizo rocoso	Peso			
	Brechificado	IX	9			
	Cuatro o más familias de discontinuidades	VIII	8			
	Tres familias de discontinuidades más otras ocasionales	VII	7			7
	Tres familias de discontinuidades	VI	6			
	Dos familias de discontinuidades más otras ocasionales	V	5		5	
	Dos familias de discontinuidades	IV	4			
	Una familia de discontinuidades más otras ocasionales	III	3			
	Una familia de discontinuidades	II	2	2		
	Masivo, discontinuidades ocasionales	I	1			
Espaciamiento entre las discontinuidades	Descripción	Espaciamiento	Peso			
	Extremadamente separado	> 6 m	7			
	Muy separado	2 m a 6 m	6			
	Separado	60 cm a 2 m	5			5
	Moderadamente junto	20 cm a 60 cm	4			
	Junto	6 cm a 20 cm	3			
	Muy junto	2 cm a 6 cm	2		2	
	Extremadamente junto	< 2 cm	1	1		
Tamaño del bloque en función del número de discontinuidades	Descripción	J _d (dm ³ /m ³)	Peso			
	Bloques muy grandes	< 1	5			
	Bloques grandes	1 a 3	4			4
	Bloques tamaño mediano	3 a 10	3		3	
	Bloques pequeños	10 a 30	2	2		
	Bloques muy pequeños	> 30	1			
Valoración de la resistencia a compresión simple de rocas a partir de índices de campo	Descripción	(Mpa)	Peso			
	Roca extremadamente dura, al golpearla con el martillo solo saltan esquirlas	> 250	7	7	7	7
	Roca muy dura, se requieren muchos golpes con el martillo para fracturarla	100 a 250	6			
	Roca dura, se requiere mas de un golpe con el martillo para fracturarla	50 a 100	5			
	Puede fracturarse con un solo golpe fuerte del martillo	25 a 50	4			
	Al golpearla con la punta del martillo se producen pequeñas marcas	5,0 a 25	3			
	Roca muy blanda, la roca se desmenuza al golpearla con la punta del martillo	1,0 a 5,0	2			
	Roca extremadamente blanda, se puede marcar con la uña	0,25 a 1,0	1			
Rangos de las condiciones	Clases de condiciones		Peso final	15	20	26
30 - 40	Muy malas		3			
20 - 30	Malas		2		X	X
10 - 20	Moderadas		1	X		
< 10	Buenas		0			

5.1.3 Factor condicionante Gradiente de la pendiente (Procesos de inestabilidad)

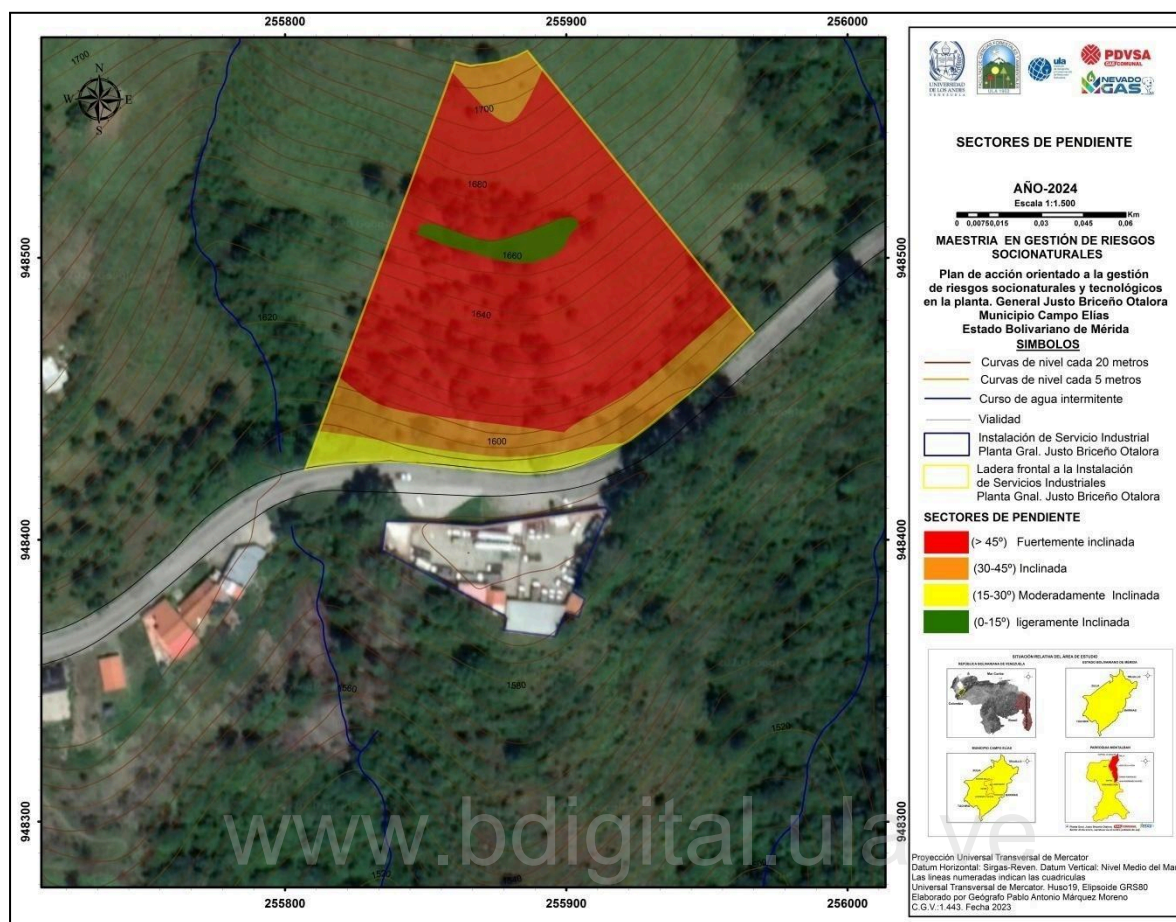
Componente valorado (Sectores de pendiente)

El factor condicionante Gradiente de la pendiente es considerado imprescindible en investigaciones afines. Su objetivo es estimar la susceptibilidad a movimientos de ladera del tipo desprendimientos de rocas. Su valoración en conjunto con el factor geológico – geotécnico (condiciones geomecánicas) permitirá juzgar integralmente el comportamiento que experimentará el macizo rocoso y afloramientos del macizo rocoso de la ladera frontal a la instalación de servicios industriales PGJJBO, como consecuencia de perturbaciones externas e

internas que alteren las condiciones de equilibrio de los bloques de roca de metabrechas localizados en la ladera frontal a la PGJJBO.

Según Suarez (1998) las situaciones adquieren un alto grado de criticidad cuando se combinan altas susceptibilidades, debidas a factores topográficos, geológicos, climáticos y sísmicos, ya que en laderas o taludes de fuertes pendientes las fracturas cosísmicas condicionan la ocurrencia de desprendimientos de roca ladera abajo.

El Mapa 8 muestra los sectores de pendiente del área de estudio. Seguidamente, se presenta la Fig. 9, en la que se muestra el área porcentual que ocupan los diferentes niveles de pendiente presentes en el área de estudio (ladera frontal a la instalación industrial PGJJBO). En esta figura se evidencia que el sector de pendiente más extenso, presente en el área de estudio, se corresponde con la pendiente fuertemente inclinada o $>45^\circ$. La misma ocupa un área de $10.488,82 \text{ m}^2$ lo que equivale al 74,6% del área total. Seguidamente en extensión encontramos la pendiente inclinada y situada entre los rangos (30° a 45°). Este rango de pendiente ocupa una extensión de $2.414,79 \text{ m}^2$, lo cual equivale al 17,2% del área. En la tercera posición encontramos la pendiente moderadamente inclinada y situada entre los rasgos 15° a 30° . La misma ocupa una extensión de $716,49 \text{ m}^2$, lo cual equivale al 5,1 %, del área total. En el último lugar y con una extensión de $433,67 \text{ m}^2$, encontramos las pendientes que oscilan entre los rangos de 0° a 15° . Las mismas se clasifican como pendientes ligeramente inclinadas. Este área se sitúa en el borde o berma localizado en la parte intermedia del área de estudio, sitio por donde discurre el plano de falla con características de fallamiento de desplazamiento vertical; la misma ocupa el 3,1% del área de estudio.



Mapa 8. Sectores de pendiente.

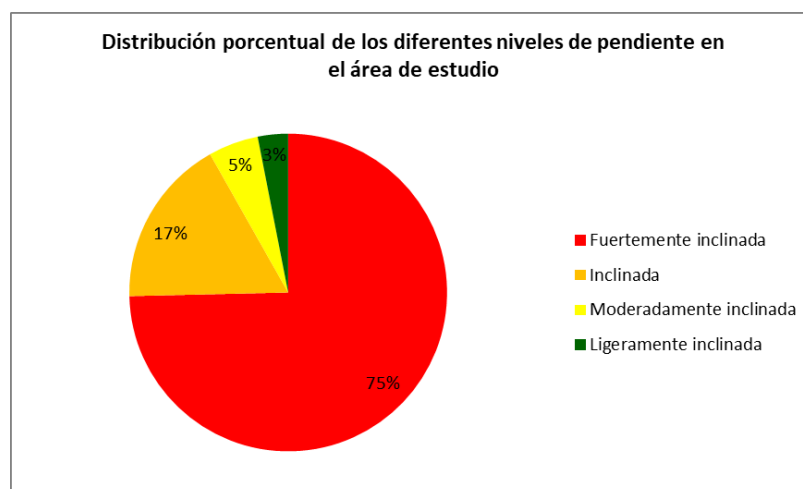


Figura 9. Distribución porcentual de los diferentes niveles de pendiente en el área de estudio

5.2 Resultados de las clases de susceptibilidad al proceso desprendimientos de rocas de la ladera frontal a la instalación de servicios industriales planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

A continuación se analizan los resultados obtenidos luego de la aplicación de la propuesta metodológica utilizada por Degraff y Rommesburg (1998, en Ayala *et al.*, 2015), para la estimación de las clases de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de ladera del tipo *desprendimiento de rocas* en el área objeto de estudio. Los mismos fueron estimados a partir de la evaluación de los componentes sugeridos en cada uno de los factores condicionantes presentados, a saber: unidad de relieve, depósito al pie de la ladera, geológico – geotécnico y gradiente de pendiente.

Los resultados obtenidos para las diferentes clases de susceptibilidad se observan en la Figura 10. Se muestran las superficies en porcentaje (%) ocupadas por cada una de las clases en relación con el área total. Seguidamente se describe en detallade cada una de las clases y/o niveles de susceptibilidad identificadas en la ladera frontal a la PGJJBO, las cuales se pueden cotejar con el Mapa 9, que muestra la susceptibilidad al proceso geodinámico *desprendimiento de rocas*.

Distribución porcentual de la superficie ocupada por cada una de las clases de susceptibilidad en el área de estudio

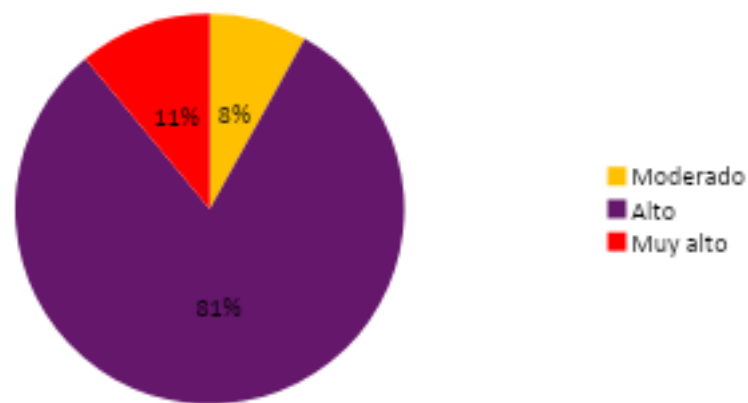
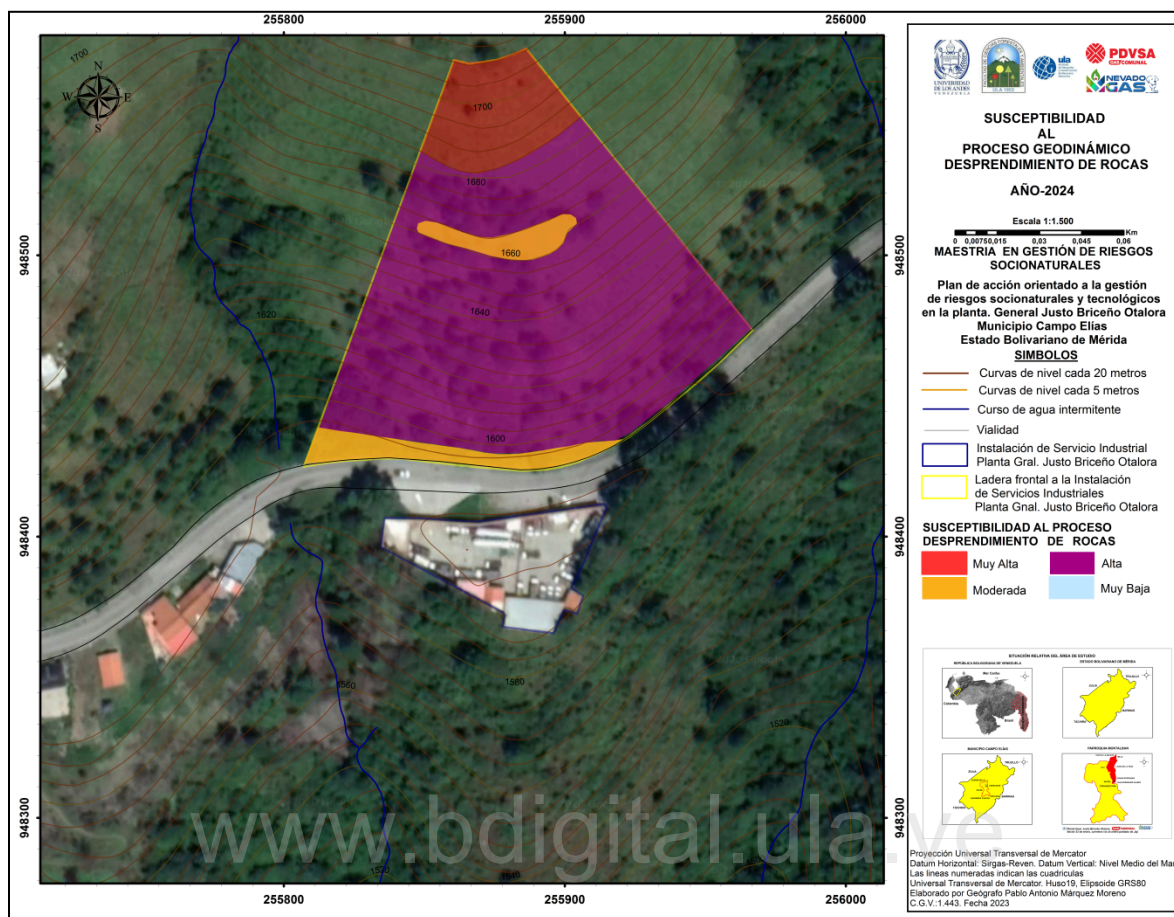


Figura 10. Distribución porcentual de la superficie ocupada por cada una de las clases de susceptibilidad al proceso desprendimiento de rocas en el área de estudio.



Mapa 9. Susceptibilidad al proceso geodinámico desprendimientos de rocas.

Susceptibilidad al desprendimiento de rocas (muy alto)

Esta categoría ocupa el 11,06 % del área total de la superficie a evaluar, lo que equivale a 1.554,05 m². En extensión ocupa la segunda categoría en superficie en el área de estudio; Espacialmente se localiza en la parte superior de la ladera frontal a la instalación de servicio industrial PGJJBO; dicha área tiene una geoforma convexa con sectores de pendiente que oscilan entre los 30° y $\geq 45^\circ$, rangos de pendiente que dan cuenta de pendientes inclinadas a fuertemente inclinadas. En la parte inferior contigua al área que ocupa esta categoría se localiza un escarpe o plano de falla que condiciona notoriamente los esfuerzos *in situ* (tensiones tectónicas) a los que están sometidos los bloque de rocas que se encuentran distribuidos homogéneamente en medio superficial. Estos esfuerzos *in situ* constituyen la principal causa de las tensiones tectónicas que originan las tres familias de discontinuidades más otras ocasionales

visibles en las rocas presentes en campo. Estas fracturas condicionan claramente los procesos de rotura de los bloques de metabrechas, descritos bajo las siguientes características:

- Un primer grupo de rocas claramente aún adosadas a la matriz del macizo rocoso principal;
- Un segundo grupo individualizadas y desprendidas de la matriz de la roca principal, en nichos de salida y/o enterradas en un perfil de meteorización aún *in situ*;
- Un tercer grupo de rocas individualizadas desprendidas del macizo rocoso principal en tránsito.

Estos bloques de mediano a gran tamaño, con formas asimétricas entre ellos, tienen un espaciado que fluctúa entre 60 centímetros y 2 metros de separación, conformados litológicamente por metabrechas de la formación Sabaneta, cuya resistencia a la compresión simple da cuenta de una roca extremadamente competente. En la parte inferior de la ladera y en las adyacencias de la instalación de servicio industrial, se localizan rocas desprendidas con las características de forma, tamaño y resistencia antes mencionadas (depósito al pie de la ladera de material desplazado y/o desprendido).

Susceptibilidad al desprendimiento de rocas (alto)

Esta categoría ocupa el 80,82 % del área total de la superficie a evaluar, lo que equivale a 11.359,13m². Esta clase es la que mayor superficie ocupa dentro de las diferentes categorías evaluadas. Espacialmente se localiza entre la parte intermedia baja (área adyacente a la vía que conduce hacia el centro poblado de Jají) y el afloramiento del macizo rocoso localizado en la parte superior. Una de las características resaltantes a destacar desde el punto de vista geomorfológico es que toda el área presenta una geoforma convexa con sectores de pendiente que oscilan entre los 30° y $\geq 45^\circ$. Esta característica nos indica que estamos en presencia de pendientes que fluctúan entre inclinadas a fuertemente inclinadas. En las cercanías al área con susceptibilidad al desprendimiento de rocas alto, se localiza un escarpe o plano de falla que condiciona notoriamente los esfuerzos *in situ* (tensiones tectónicas) a los que están sometidos los bloques de rocas que se encuentran distribuidos heterogéneamente en un medio intermedio

al superficial. Estos bloques de mediano tamaño no presentan grandes variaciones en cuanto a su forma. En campo se observaron y midieron tres familias de discontinuidades, con espaciados muy juntos. Litológicamente encontramos metabrechas de la formación Sabaneta, cuya resistencia a la compresión simple da cuenta de una roca extremadamente competente. En las inmediaciones de la margen izquierda de la calzada que conduce hacia la ciudad de Mérida (pie de la ladera), se localizan rocas de metabrechas de la formación Sabaneta de mediano tamaño.

Susceptibilidad al desprendimiento de rocas (moderada)

Esta categoría ocupa el 8,12 % del área de estudio en relación con la superficie total a evaluar, lo que equivale a 1.140,66m². Este porcentaje indica que dicha categoría corresponde a la clase de menor superficie dentro de las diferentes categorías evaluadas. El área que ocupa el nivel de susceptibilidad al desprendimiento de rocas moderado se localiza en dos áreas:

- La primera de las áreas se localiza en la parte baja de la ladera frontal (margen izquierda) a la instalación de servicio industrial PGJBO, adyacente a la vía que conduce hacia el centro poblado de Jají, tal como se puede observar en el Mapa 9 (mapa de susceptibilidad), caracterizada por sectores de pendiente que fluctúan entre los 15° a 30° de inclinación cuyas pendientes son moderadamente inclinada; En dicha área se encuentran bloques de rocas de metabrechas de la formación Sabaneta de tamaño mediano y de forma equidimensionales, distribuidos heterogéneamente y de manera dispersa expuestas en medio intermedio al superficial. Se observaron y midieron en campo una familia de discontinuidades, con espaciado muy junto. Litológicamente encontramos metabrechas de la formación Sabaneta cuya resistencia a la compresión simple da cuenta de una roca extremadamente competente.
- La segunda área donde encontramos esta categoría (moderada) es en la parte intermedia de la ladera. La misma discurre por un área llana o berma que se proyecta sobre una transecta longitudinal de unos 43 metros de largo por unos 10 metros de ancho en su parte más ancha (aproximadamente). Sobre esta área discurre muy probablemente un potencial plano de falla, producto de esfuerzos tensionales que

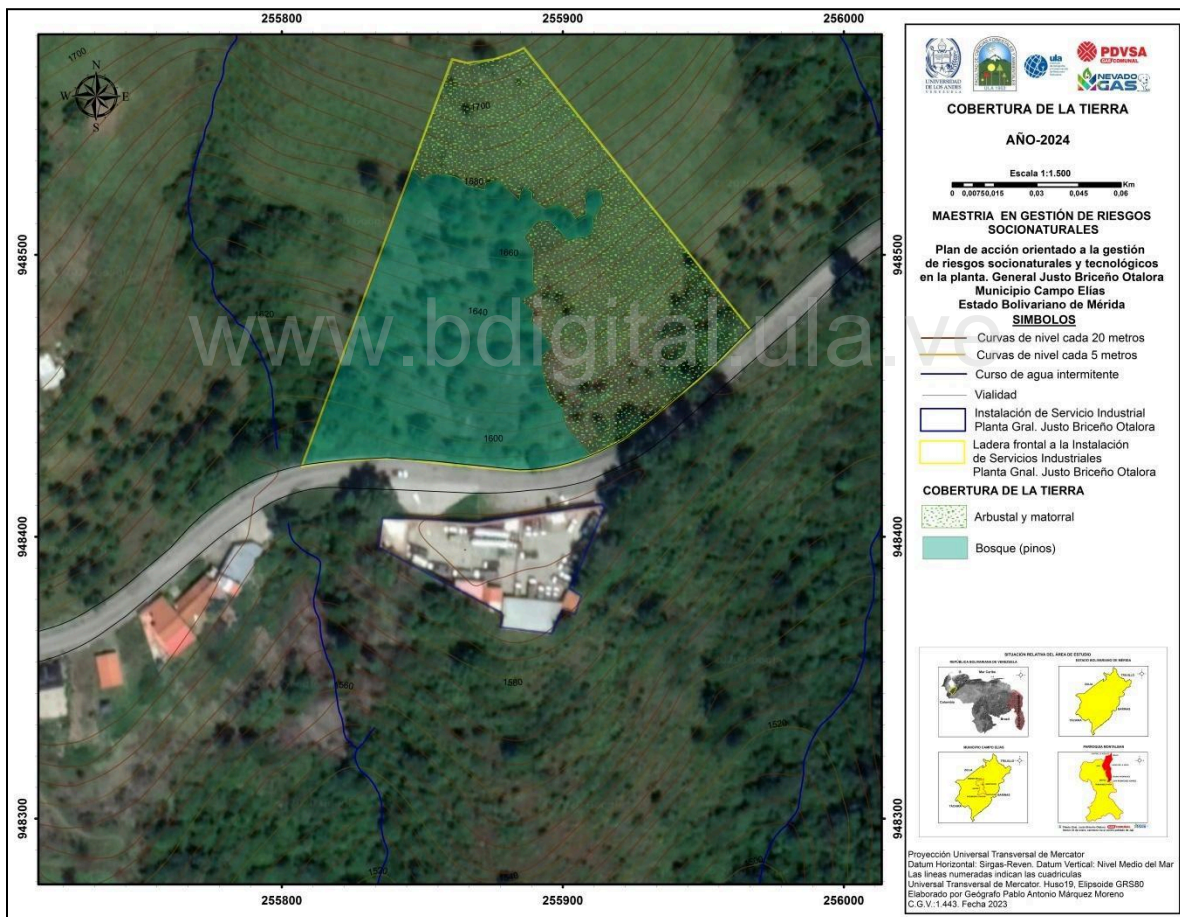
dieron origen a una traza de falla normal. En el área podemos notar un cambio abrupto de la pendiente, que en esta área fluctúan entre 0° y 15° de inclinación, lo que da cuenta de pendientes ligeramente inclinadas. Por las características antes descritas, dicha área sirve como una zona de deposición y/o acumulación de rocas con tamaños que varían entre bloque pequeño a muy pequeño, (regolito y/o fragmento de rocas sueltas) heredados de las metabrechas de la formación Sabaneta, cuya resistencia a la comprensión simple da cuenta de una roca extremadamente competente desprendida de la parte superior de la ladera.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la metodología propuesta y aplicada para la zonificación de las diferentes áreas según las clases de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de ladera del tipo *desprendimiento de rocas* sobre la base a las valoraciones realizadas a cada uno de los factores propuestos (unidad de relieve, geológico-geotécnico y gradiente de la pendiente) es probablemente la metodología idónea porque se lograron cumplir con los objetivos, tal y como se evidencia en el Mapa 9, sobre susceptibilidad del proceso geodinámico desprendimiento de rocas, el cual se desarrolló en base a la identificación y evaluación de los componentes que describen de manera fidedigna las condiciones presentes en el área de estudio y que dan cuenta de la estabilidad del material (rocas) presente de la ladera frontal a la instalación de servicios industriales.

Componente cobertura de la tierra

El factor **cobertura de la tierra** no se consideró en el análisis de los factores combinados para la estimación de las clases de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de ladera del tipo desprendimiento de rocas, debido a que no se evidenció en el área objeto de estudio. Sin embargo, sí se consideró necesario clasificar espacialmente dicho factor, tal como se evidencia en el Mapa 10, ya que el área de estudio se ve afectada periódicamente por incendios de vegetación, situación que ha influido en la estabilidad y permanencia de la cobertura vegetal que se encuentra integrada por la presencia de matorral - arbustal y bosque de *pinus oocarpa*.

La segunda razón que respalda la decisión de no considerar incluir el factor **cobertura de la tierra** en el análisis de los factores combinados está sustentado por la falta de registros que permiten valorar los niveles de afectación del material rocoso por este tipo de factor externo (incendios de vegetación). En este sentido, solo se le considera como un posible condicionante en la descripción de la velocidad de los desprendimientos de rocas. Según De Matos (1988, Cardoso *et al.*, 2013), uno de los condicionantes particulares que limitarán y posiblemente condicionarán el aumento de la movilidad son los obstáculos existentes en el camino recorrido por el material.

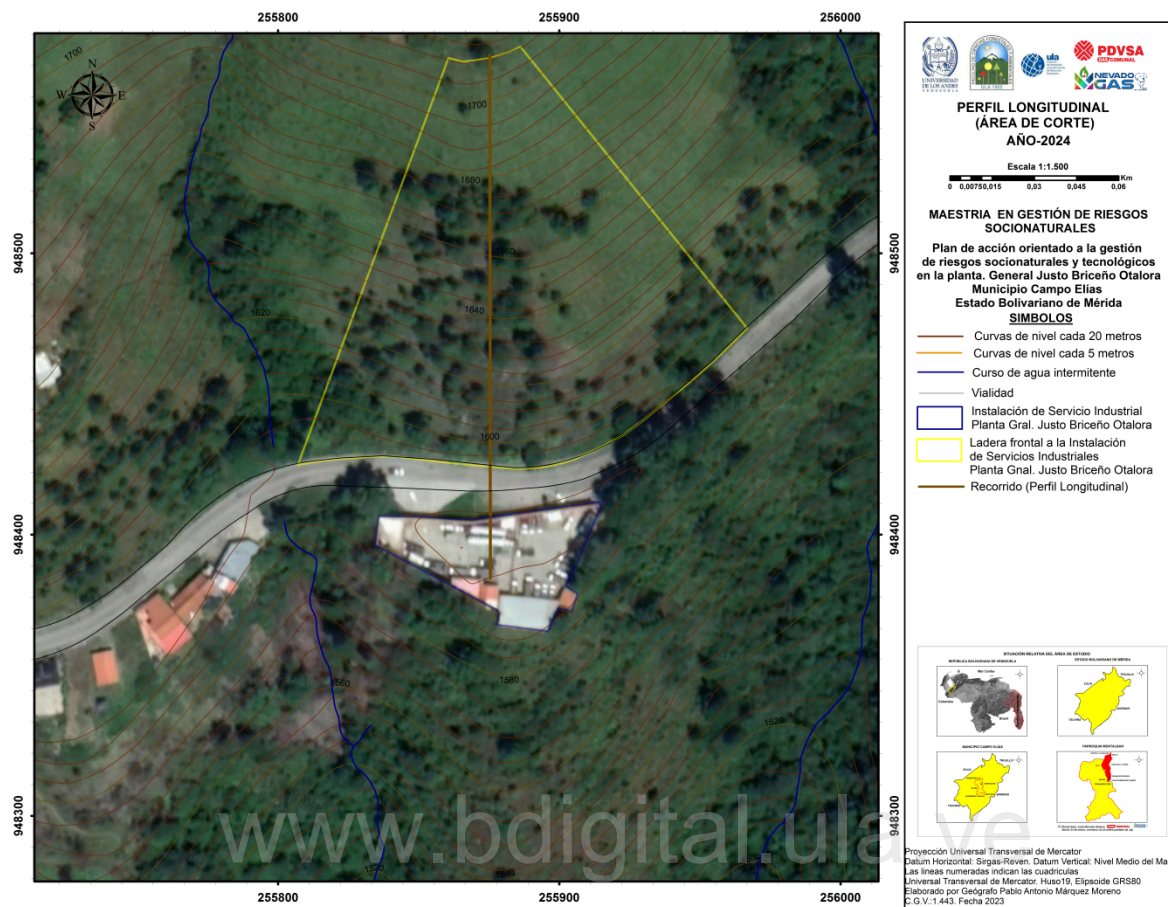


Mapa 10. Cobertura de la tierra.

5.3 Análisis de los resultados de la distancia de recorrido del material afectado por inestabilidades (desprendimiento de roca) de la ladera frontal a la instalación industrial Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

Los resultados derivados de los cálculos de la distancia de recorrido del material susceptible de ser desprendido del área de estudio certifican que el elemento expuesto (instalación de servicios industriales PGJJBO) se encuentra en la trayectoria y alcance de las rocas susceptibles de ser desprendidas del área de estudio N° 2 (ladera frontal a la planta).

A continuación se muestra el Mapa 11, donde se puede visualizar el corte (perfil longitudinal) correspondiente al área de estudio (N° 1 y N° 2). Seguidamente se presentan las Figs. 11 y 12. En la Fig. 11 se presenta el corte del perfil longitudinal relacionado con el Mapa 11, en tanto que en la Fig. 12, se enumeran y localizan cada uno de los casos desarrollados (cálculos) y presentados más adelante, y que dan cuenta de la distancia de recorrido efectiva del material rocoso susceptible de ser desprendido del área de estudio (ladera frontal), lo que certifica lo anteriormente detallado.



Mapa 11. Perfil longitudinal (área de corte).

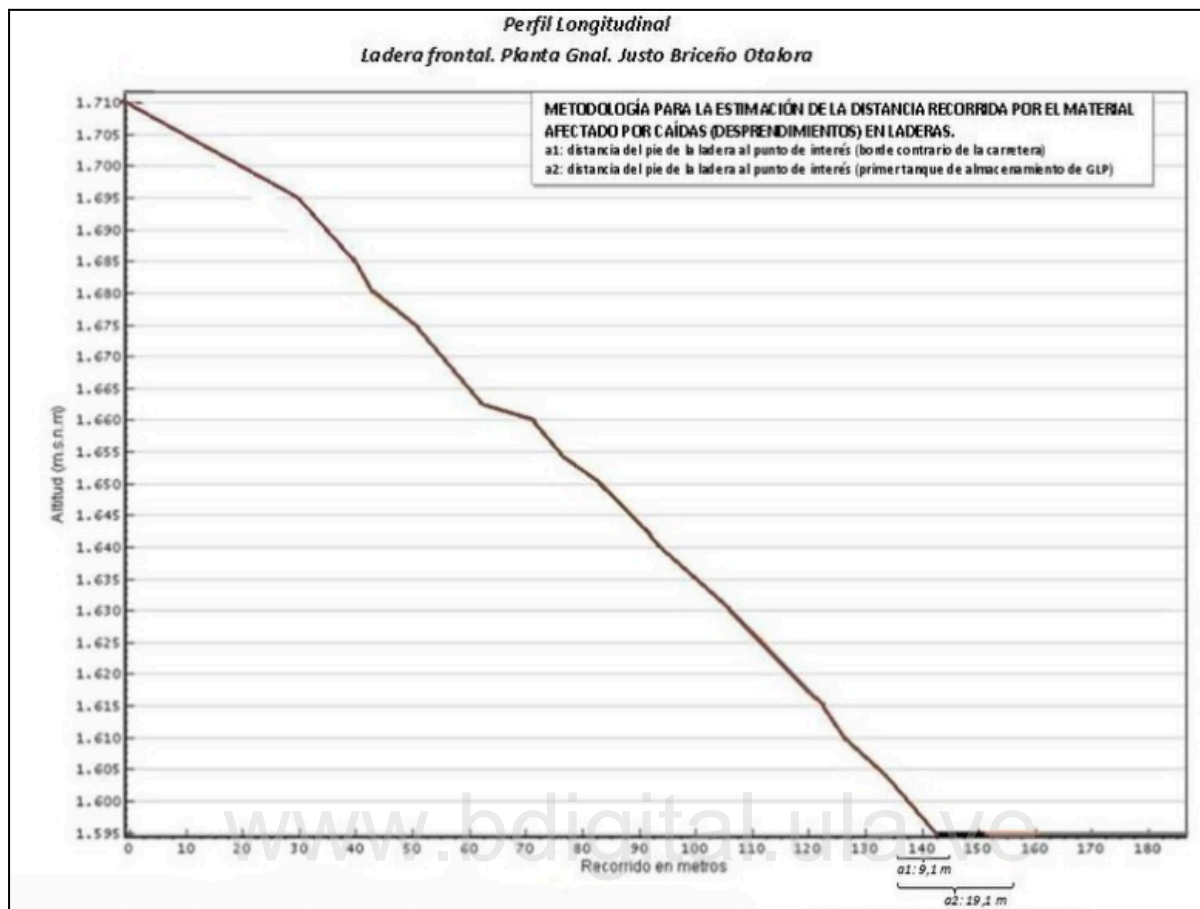
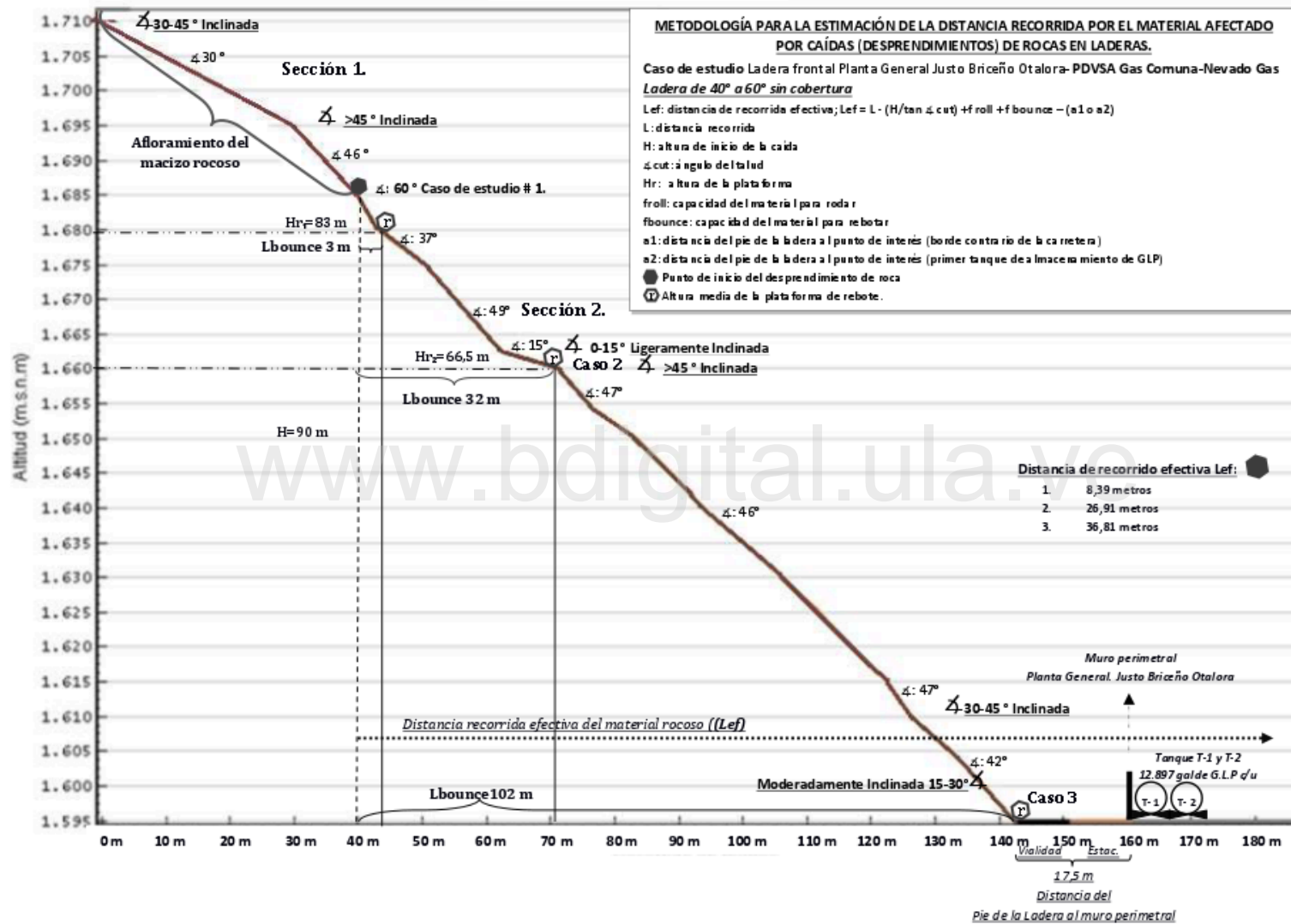


Figura 11. Perfil longitudinal ladera frontal a la instalación de servicios industriales planta "Gral. Justo Briceño Ojalora". (Elaboración propia).

Figura 12. (página siguiente). Perfil longitudinal, estimación de las distancias de recorrido.
(Elaboración propia).

Ladera frontal. Planta Gnal. Justo Briceño Otalora



Caso # 1; Sección 2, para un ángulo de α : 60°

Ver perfil longitudinal de la ladera frontal a la Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

En esta sección se evalúa desprendimientos de rocas en ángulos de inclinación de la ladera (α_{cut}) $> 45^\circ$, donde el tipo de desplazamiento más probable es por rebote.

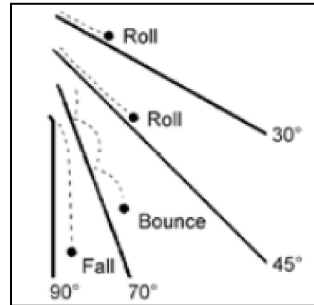


Figura 13. Posibles movimientos de un bloque de roca por un talud según el ángulo de inclinación y/o la pendiente. (Dorren, 2003)

Sección 2. Caso 1

Tipos de superficies	R_t	R_n	R	μ
Talud de 40°–60° sin cobertura	0,90	0,40	0,98	0,45

Figura 14. Coeficiente de restitución y de fricción para diferentes tipos de superficies. Adaptado de Petje *et al.* (2006)

Datos:

$\alpha_{cut} = 60^\circ$

H = 90 m (altura del posible inicio del desprendimiento)

a₁ = 9,1 m (distancia desde el pie de la ladera al borde contrario de la vía)

a₂ = 19,0 m (distancia desde el pie de la ladera hasta el primer tanque de almacenamiento de G.L.P)

H_{r1} = 83 m (altura media de la plataforma 1)

H_{r2} = 66,5 m (altura media de la plataforma 2)

L_{bounce} (Longitud de rebote) = se puede asumir la distancia horizontal de la sección 2 caso1, con un (L bounce = 3m), pero también se puede asumir la distancia horizontal de la sección 2, caso 2 completa, con un (L bounce = 32m). Pero también cabe la posibilidad de que en la metodología la longitud máxima de rebote asumida sea la distancia horizontal desde el inicio del tramo con $\alpha_{cut} =$

60° (zona de desprendimiento) hasta el pie del talud, caso 3 para un (Lbounce = 102,5 m), ya que es muy probable que una vez que el material comience a rebotar, no pare hasta llegar al pie del talud, incluso más allá. Se prueba con las tres distancias para evaluar con cuál de ellas el cálculo arroja el resultado más lógico.

Número de lados del bloque típico $n = 6$

$\mu_{surf} = 0,45$

$R = 0,98$

Lroll= componente horizontal de la longitud de rodadura. No aplica

Aplicando la metodología propuesta por Cardoso *et al.* (2013).

- 1) Distancia desde el pie de la ladera al punto de interés. Identificar la zona de fallo más probable en la ladera y determinar la posible altura de inicio de la caída (H).

H = 90 m

- 2) Ángulo de la ladera, posible inicio del desprendimiento.

$\alpha_{cut} = 60^\circ$

- 3) Primera estimación para la distancia recorrida por el material considerando la relación propuesta por Finlay *et al.* (1999)

$$H/L = 0,78 (\tan \alpha_{cut})^{0.5} \quad H/L = 0,78 (\tan 60^\circ)^{0.5} \quad H/L = 0,78 (1,7321)^{0.5} \quad H/L = 0,78 (1,3161) \quad H/L = 1,027$$

Despejamos (L); $L = H/1,027$

$$L = 90/1,027$$

L = 87,67 m

- 4) Distancia desde el pie de la ladera al punto de interés

a1= borde contrario de la carretera= **9,1 m**

a2= (distancia desde el pie de la ladera hasta el primer tanque de almacenamiento de G.L.P) = **19,0 m**

- 5) Como el ángulo de inclinación del talud o ladera (α_{cut}) $> 45^\circ$, el factor dependiente de la capacidad del material para rodar no aplica, porque el movimiento más probable es el rebote.

- 6) Factor dependiente de la capacidad del material para rebotar (f bounce) $\rightarrow f_{bounce} = f_{plat} + f_{surf}$

a) Como existe la posibilidad de que el material procedente del punto de salida $H_m = 90$ m, en la sección 2 en el caso 1 (ver perfil), al comenzar a rebotar impacte en la plataformas que tienen $\alpha_{cut} = 37^\circ$ y $\alpha_{cut} = 15^\circ$, se debe considerar el rebote sobre dichas plataformas (fplat).

a.1) Factor de rebote en la plataforma 1: $f_{plat1} = H_{rm1} \times R$, donde $H_{rm1} = 83$ m., y $R = 0,98$.

$$f_{plat1} = H_{rm1} \times R \quad \text{---} \quad f_{plat1} = 83 \text{ m} \times 0,98 = 81,34 \text{ m.}$$

$$\mathbf{f_{plat1} = 83 \text{ m} \times 0,98 = 81,34 \text{ m}}$$

a.2) Factor de rebote en la plataforma 2: $f_{plat2} = H_{rm2} \times R$, donde $H_{rm2} = 66,5$ m, y $R = 0,98$.

$$f_{plat2} = H_{rm2} \times R = 66,5 \text{ m} \times 0,98 = 65,17 \text{ m.}$$

$$\mathbf{f_{plat2} = 66,5 \times 0,98 = 65,17 \text{ m}}$$

Se prueban tres longitudes máximas de rebote:

a- La distancia horizontal de la sección 2, caso 1; $L_{bounce} = 3$ m.

b- La distancia horizontal de toda la sección 2; $L_{bounce} = 32$ m.

c- La distancia horizontal desde el inicio de la sección 2 hasta el pie de la ladera; $L_{bounce} = 102,5$ m.

Luego, para el caso de rebote en la plataforma 1, se tiene:

a- Se toma como distancia máxima de rebote, la longitud del caso 1 sección 2:

Luego, $f_{surf} = R \times L_{bounce}$

$$\mathbf{f_{surf} = 0,98 \times 3 \text{ m} = 2,94 \text{ m.}}$$

Longitud de rebote = $f_{plat1} + f_{surf}$, donde $f_{plat1} = 81,34$ m y $f_{surf} = 2,94$ m.

$$\mathbf{F_{bounce} = 81,34 \text{ m} + 2,94 = 84,28 \text{ m.}}$$

b- Se toma como distancia de rebote, la longitud horizontal de la sección 2, caso 2 (32 m).

$$\mathbf{f_{surf} = 0,98 \times 32 \text{ m} = 31,36 \text{ m.}}$$

Factor de rebote = $f_{plat1} + f_{surf}$

$$fbounce = 81,34 \text{ m} + 31,36 = 112,70 \text{ m.}$$

c- Se toma como distancia de rebote la longitud hasta el pie de la ladera:

$$fsurf = 0,98 \times 102,5 \text{ m} = 100,45 \text{ m.}$$

$$\text{Longitud de rebote} = f_{plat_1} + fsurf$$

$$fbounce = 81,34 \text{ m} + 100,45 = 181,79 \text{ m.}$$

7) **Determinar la distancia recorrida efectiva (Lef).**

7.1.a **Sección 2. Caso 1. Opción (a) fbounce = 84,28 m. Para a1= 9,1m**

$$Lef = L - \left(\frac{H}{\tan \alpha_{cut}} \right) + froll + fbounce - (a1 \text{ o } a2)$$

$$Lef = 87,67 \text{ m} - \left(\frac{90 \text{ m}}{\tan 60^\circ} \right) + 0 + 84,28 \text{ m} - (a1)$$

$$Lef = 87,67 \text{ m} - \left(\frac{90 \text{ m}}{\tan 60^\circ} \right) + 0 + 84,28 \text{ m} - (9,1 \text{ m})$$

$$Lef = 87,67 \text{ m} - (51,962 \text{ m}) + 0 + 84,28 \text{ m} - 9,1 \text{ m} = 110,89 \text{ m.}$$

Distancia desde el punto de partida del material rocoso hasta el pie de la ladera:
102,5 m.

Distancia efectiva de recorrida a partir del pie de la ladera: 8,39 m.

Elementos afectados: canales de circulación vehicular (vialidad) frontal a la planta.

7.1.b **Sección 2. Caso 1. Opción (b) fbounce = 84,28 m). Para a2= 19,0 m**

$$Lef = L - \left(\frac{H}{\tan \alpha_{cut}} \right) + froll + fbounce - (a1 \text{ o } a2)$$

$$Lef = 87,67 \text{ m} - \left(\frac{90 \text{ m}}{\tan 60^\circ} \right) + 0 + 84,28 \text{ m} - (a2)$$

$$Lef = 87,67 \text{ m} - \left(\frac{90 \text{ m}}{\tan 60^\circ} \right) + 0 + 84,28 \text{ m} - (19,0 \text{ m})$$

$$Lef = 87,67 \text{ m} - (51,962 \text{ m}) + 0 + 84,28 \text{ m} - 19,0 \text{ m} = 100,99 \text{ m. } Lef = 100,99 \text{ m.}$$

Distancia desde el punto de partida del material rocoso hasta el pie de la ladera:
102,5 m.

Distancia efectiva de recorrida a partir del pie de la ladera: 0 m.

Elementos afectados: ninguno.

7.2.a Sección 2. Caso 2. Opción a. fbounce = 112,70 m. Para a1= 9,1 m

$$Lef = L - \left(\frac{H}{\tan \alpha_{cut}} \right) + froll + fbounce - (a1 \text{ o } a2)$$

$$Lef = 87,67m - \left(\frac{90m}{\tan 60^\circ} \right) + 0 + 112,70m - (a1)$$

$$Lef = 87,67m - \left(\frac{90m}{\tan 60^\circ} \right) + 0 + 112,70m - (9,1 m)$$

$$\underline{Lef = 87,67 m - (51,962 m) + 0 + 112,70 m - 9,1 m = 139,31 m. \text{ Lef}=139,31 m.}$$

Distancia desde el punto de partida del material rocoso hasta el pie de la ladera:
102,5 m.

Distancia efectiva de recorrida a partir del pie de la ladera: 36,81 m.

Elementos afectados: canales de circulación vehicular (vialidad) frontal a la planta,
tanques 1 y 2 de almacenamiento de GLP.

7.2.b Sección 2. Caso 2. Opción b. fbounce = 112,70 m. Para a1= 19,0 m

$$Lef = L - \left(\frac{H}{\tan \alpha_{cut}} \right) + froll + fbounce - (a1 \text{ o } a2)$$

$$Lef = 87,67m - \left(\frac{90m}{\tan 60^\circ} \right) + 0 + 112,70m - (a2)$$

$$Lef = 87,67m - \left(\frac{90m}{\tan 60^\circ} \right) + 0 + 112,70m - (29,2 m)$$

$$\underline{Lef = 87,67 m - (51,962 m) + 0 + 112,70 m - 19,0 m = 129,41 m. \text{ Lef}=129,41 m.}$$

Distancia desde el punto de partida del material rocoso hasta el pie de la ladera:

102,5 m.

Distancia efectiva de recorrida a partir del pie de la ladera: 26,91 m.

Elementos afectados: canales de circulación vehicular (vialidad) frontal a la planta, tanques 1 y 2 de almacenamiento de GLP.

5.4 Análisis de los resultados de la vulnerabilidad educativa-cultural, factor resiliencia del personal que labora en la instalación de servicios industriales planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

La estimación de la vulnerabilidad educativa – cultural (factor resiliencia) del personal que cumple funciones directas en la instalación de servicios industriales fue posible luego de cumplir con las fases previas referidas: (1) al tratamiento de la información y (2) al análisis exploratorio descriptivo de los datos. Estos datos fueron obtenidos una vez aplicada la encuesta escrita (cuestionario auto administrado) al personal seleccionado y que cumple actividades directas en la instalación de servicios industriales, tal como se explicó en la sección referida a la Metodología empleada para evaluar la vulnerabilidad educativa-cultural del personal.

Dicho instrumento fue aplicado a una muestra de 27 trabajadores de un total de 67 trabajadores directos, lo que equivale al 40,3% de la población total adscrita a la instalación de servicios industriales, este porcentaje del personal encuestado nos indica que la muestra se encuentra satisfactoriamente en el rango de encuestas proyectadas a realizar. En cuanto a lo que concierne a las características laborales de los encuestados, referido a (primero) cargos desempeñados y (segundo) años de servicios, los mismos se explicaran a continuación.

Cargos desempeñados. Los trabajadores encuestados y que forman parte de la muestra seleccionada cumplen funciones directas o tienen responsabilidad directa en las siguientes dependencias y/o actividades: Gerente de planta, Jefe de planta, coordinador de

administración de planta, asistente administrativo, vigilante, operador de distribución, operador de llenado, operador de seguridad integral, operador de trasiego, chequeador, técnico de operaciones, mantenimiento de planta y conductores.

Años de servicio. En la Tabla 19, presentamos el total de los trabajadores entrevistados según los años de servicios en la institución:

Tabla 19. Cantidad de trabajadores entrevistados por años de servicio. (Trabajadores directos de la planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora").

Tiempo de servicio	Nº entrevistados
43 años	1
34 años	1
29 años	2
25 años	1
23 años	1
22 años	1
18 años	1
17 años	3
15 años	1
12 años	2
11 años	1
9 años	1
8 años	1
7 años	1
4 años	1
3 años	1
2 años	5
6 meses	1
5 días	1

Tal como se mencionó en el apartado referido a la Metodología para evaluar la vulnerabilidad educativa – cultural del personal que cumple funciones directas en la instalación de servicios industriales, esta se desarrolló tomando como punto de orientación el artículo 40 de la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y

Tecnológicos de la República Bolivariana de Venezuela (LGIRST, 2009), referido a la cultura del riesgo. En este sentido, cada una de los componentes individuales que orientaron el proceso de indagación de la vulnerabilidad educativa-cultural (total) del personal adscrito a la planta PGJBO se alcanzaron a partir de la sumatoria de los componentes de las vulnerabilidades parciales, valorados en las preguntas (P): 1, 4, 5 y 6, como se mencionó anteriormente, a saber:

1. La identificación de los eventos y accidentes tecnológicos que podrían afectar negativamente al personal, los elementos, los procesos y la continuidad en la prestación del servicio de distribución de GLP, este ítems se valoró en la pregunta: (P): 1.
2. En cuanto a lo que corresponde a las actividades institucionales, el plan especial de reducción de riesgo y las acciones y prácticas promovidas y orientadas a disminuir los niveles de vulnerabilidad detectados y que pudieran afectar negativamente al personal, los elementos, los procesos y la continuidad en la prestación del servicio de distribución de GLP, fueron valorados en la preguntas (P): 4, 5 y 6 de la encuesta escrita.
3. Las preguntas (P): 2, 3 y 7 (preguntas complementarias de refuerzo), como se mencionó anteriormente, nos permitirá juzgar la idoneidad de los resultados obtenidos de las vulnerabilidades (parciales) educativa –cultural, valorados en las preguntas (P): 1, 4, 5 y 6.

5.4.1 Resultado de los análisis exploratorios descriptivos de los datos de la encuesta aplicada al personal que labora en la planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

Identificación de la amenaza

Pregunta N° 1.

De los eventos que a continuación se le muestran ¿Cuál o cuáles cree usted que podrían afectar negativamente a la Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora", al personal, y a las actividades que se desarrollan?

- a) ☐ Fuga de GLP
- b) ☐ Incendio
- c) ☐ Explosión
- d) ☐ Impacto por desprendimientos de rocas
- e) ☐ Incendio de vegetación en las adyacencias de la planta

En la Fig. 15, se visualizan los eventos y/o peligros adversos más importantes (amenazas), identificados por los encuestados. En este sentido el evento *fuga de GLP*, es el principal evento que los encuestados consideran que pudiera afectar negativamente a la PGJJBO con un 33,3%. Seguidamente encontramos *fuga de GLP, incendio, explosión, impacto por desprendimientos de rocas e incendio de vegetación* con un 18,5%. En tercer lugar, encontramos *incendio*, con 14,8%; Seguidamente, en el cuarto lugar encontramos *impactos por desprendimientos de rocas* (11,1%). En quinto lugar, tenemos incendio y explosión (3,7%), con este mismo porcentaje en el sexto lugar se encuentran los eventos y/o peligros: *incendio, explosión e impacto por desprendimientos de rocas*. En el séptimo lugar, encontramos *fuga de GLP, incendio, explosión*; En el octavo lugar, encontramos *fuga de GLP, incendio e impacto por desprendimientos de rocas*. En el noveno lugar, encontramos *fuga de GLP e incendio*; Y cerrando en importancia, se posicionaron los eventos relacionados con *incendio e impactos por desprendimientos de rocas*, igualmente con un 3,7%.

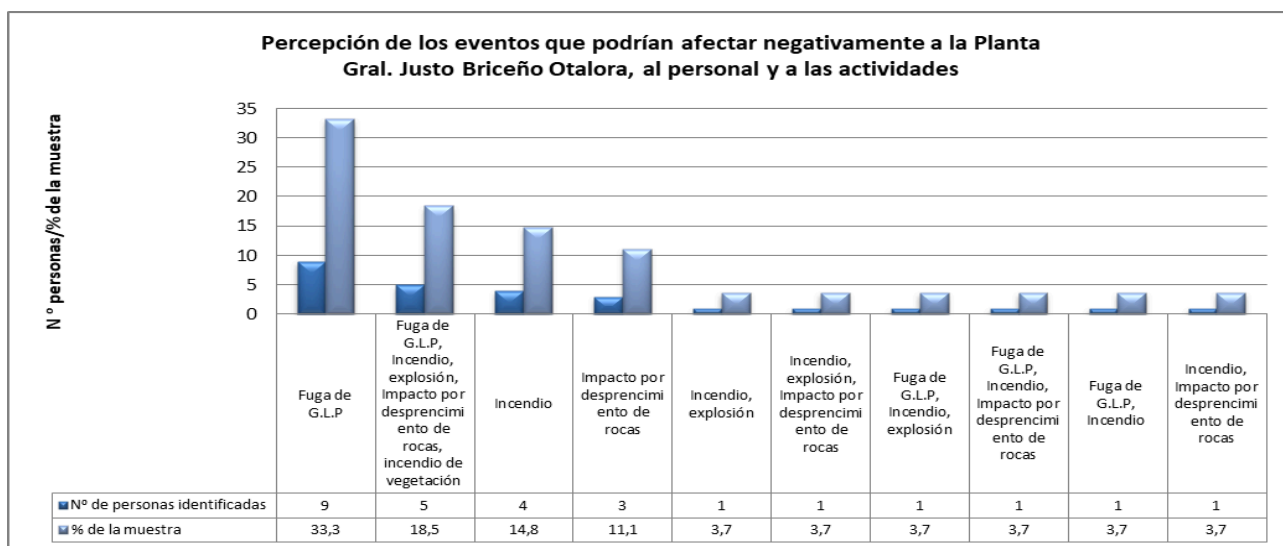


Figura 15. Percepción de los eventos que pudieran afectar negativamente a la planta, el personal y las actividades realizadas.

La Tabla 20 constituye una adaptación de la Tabla 15. En esta tabla se pueden identificar: la categoría, el rango de vulnerabilidad y el criterio que identifica el nivel de vulnerabilidad de la Pregunta 1.

Tabla 20. Niveles de vulnerabilidad parcial; Componente identificación de las amenazas.

Valores prefijados de vulnerabilidades parciales (Categoría)	Rangos de vulnerabilidad	Niveles de Vulnerabilidad	Criterios
4	> 75 %	Muy Alto	No Identifico <u>o</u> identifiqué solo uno o dos de los eventos o peligros que podrían afectar la planta "Gral. Jose Justo Briceño Ojalora"
3	> 50 o ≤ 75 %	Alto	Identifiqué tres de los eventos o peligros que podrían afectar la planta "Gral. Jose Justo Briceño Ojalora"
2	≥ 25 o ≤ 50%	Moderado	Identifiqué cuatro de los eventos o peligros que podrían afectar la planta "Gral. Jose Justo Briceño Ojalora"
1	< 25 %	Bajo	Identifiqué los cinco eventos o peligros que podrían afectar la planta "Gral. Jose Justo Briceño Ojalora"

A continuación, presentamos la Tabla 21, referente al análisis exploratorio descriptivo de los datos de la vulnerabilidad educativa – cultural: identificación de la amenaza.

Tabla 21. Análisis exploratorio descriptivo de los datos de la vulnerabilidad educativa – cultural del componente *identificación de la amenaza*.

# de eventos y/o peligros identificados	Nº personas (muestra) identificadas	% de la muestra	% de la muestra	Nivel de vulnerabilidad	Valores prefijados de vulnerabilidades parciales (Categoría)
2	3	11,1	70,4	Muy alto	4
1	16	59,3			
3	3	11,1	11,1	Alto	3
5	5	18,5	18,5	Bajo	1

En la Tabla 21 se observa que el 70,4 % de los encuestados no identificó o identificó solo uno o dos de los eventos o peligros (amenazas) que podrían afectar a la planta. Esto nos indica que el mayor porcentaje de los trabajadores encuestados presenta un nivel de vulnerabilidad educativa cultural muy alto -(categoría 4), a raíz del desconocimiento que tienen sobre los eventos y/o peligros que pudieran afectar negativamente a la instalación de servicios industriales y los procesos que a lo interno se desarrollan; en tanto que un porcentaje minoritario de trabajadores (11,1 % de los encuestados) identificó tres de los eventos o peligros que podrían afectar a la planta, lo cual nos indica que este porcentaje minoritario de trabajadores presenta un nivel de vulnerabilidad educativa cultural alto (categoría 3). Solo un 18,5 % de trabajadores (N=5) identificó los cinco eventos o peligros que podrían afectar a la instalación de servicios industriales. Ello nos indica que un porcentaje inferior a una cuarta parte de la muestra se encuentra en el nivel de vulnerabilidad bajo (categoría 1).

Componente Reducción de riesgos valorado en las preguntas 4, 5, 6.

Pregunta N° 4.

¿Ha participado en actividades institucionales de formación para detectar, diagnosticar, caracterizar y evaluar posibles escenarios de riesgos Socionaturales y Tecnológicos que pueden presentarse dentro y en los alrededores de la planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora"? ☐ **Sí: pase a la siguiente pregunta.** ☐ **No: Fin de la encuesta.**

En la Fig. 16 se puede observar el número y porcentaje de los trabajadores que han participado en actividades institucionales orientadas a la formación para detectar, diagnosticar, caracterizar y evaluar posibles escenarios de riesgos de desastres socionaturales y tecnológicos que pudieran presentarse dentro y en los alrededores de la PGJJBO. Un 40,7% (11 trabajadores) ha participado en dichas actividades, mientras que un 59,3% (16 trabajadores) manifestaron que en ningún momento durante el tiempo que llevan laborando en la PGJJBO han participado en actividades institucionales orientadas a gestionar posibles escenarios de riesgos socionaturales y tecnológicos que pudieran afectar las instalaciones y sus alrededores.

Ha participado en actividades institucionales de formación para detectar, diagnosticar, caracterizar y evaluar posibles escenarios de riesgos socionaturales y tecnológicos

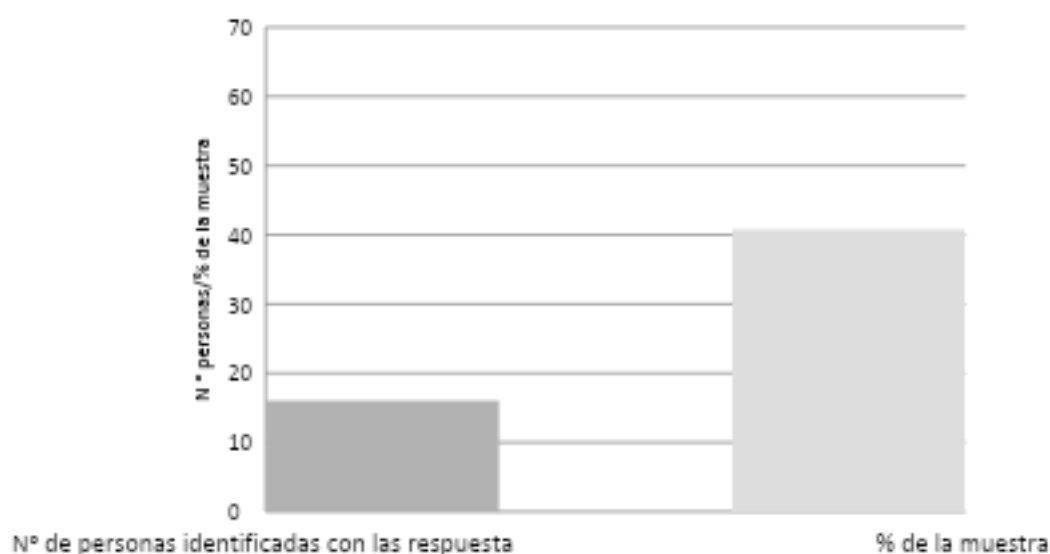


Figura 16. Nivel de participación en actividades institucionales de formación, para detectar, caracterizar y evaluar posibles escenarios de riesgos socionaturales y tecnológicos.

www.bdigital.ula.ve

La Tabla 22 (página siguiente) muestra los criterios para definir los diferentes niveles de vulnerabilidad parcial según la categoría y el rango de vulnerabilidad. Se identifican la categoría, el rango de vulnerabilidad y el criterio que identifica el nivel de vulnerabilidad de la Pregunta 4, referida a la valoración de la vulnerabilidad educativa – cultural, dentro del componente reducción del riesgo.

Tabla 22. Niveles de vulnerabilidad parcial: Componente reducción del riesgo. Sobre la participación en actividades institucionales de formación para detectar diagnosticar, caracterizar y evaluar posibles escenarios de riesgos de desastre.

Valores prefijados de vulnerabilidades parciales (Categoría)	Rangos de vulnerabilidad	Niveles de Vulnerabilidad	Criterios
4	> 75 %	Muy Alto	Menos del 25% personal ha participado en actividades institucionales de formación para detectar, diagnosticar, caracterizar y evaluar posibles escenarios de riesgo Socionaturales y Tecnológicos
3	> 50 o ≤ 75 %	Alto	Entre el 51 y 75 % del personal ha participado en actividades institucionales de formación para detectar, diagnosticar, caracterizar y evaluar posibles escenarios de riesgo Socionaturales y Tecnológicos
2	≥ 25 o ≤ 50%	Moderado	Entre el 25 y 50 % del personal ha participado en actividades institucionales de formación para detectar, diagnosticar, caracterizar y evaluar posibles escenarios de riesgo Socionaturales y Tecnológicos
1	< 25 %	Bajo	Más del 75% personal ha participado en actividades institucionales de formación para detectar, diagnosticar, caracterizar y evaluar posibles escenarios de riesgo Socionaturales y Tecnológicos

A continuación, se presenta la Tabla 23, referida al análisis exploratorio descriptivo de los datos de la vulnerabilidad educativa – cultural, del componente reducción del riesgo.

Tabla 23. Análisis exploratorio descriptivo de los datos de la vulnerabilidad educativa – cultural del componente acciones y prácticas orientadas a la reducción del riesgo.

Ha participado en actividades para detectar posibles escenarios de riesgos	Nº de personas identificadas con la respuesta	% de la muestra	Nivel de Vulnerabilidad	Valores prefijados de vulnerabilidades parciales (Categoría)
No	16	59,3	Alto	3
Si	11	40,7	Moderado	2

Se observa que un 59,3% de los encuestados no ha participado en actividades institucionales de formación para detectar diagnosticar, caracterizar y evaluar posibles

escenarios de riesgos de desastre dentro y los alrededores de la instalación de servicios industriales PGJJBO, lo que nos indica por corolario que más del 50% de los encuestados (16 trabajadores) que cumple actividades directas en dicha instalación de servicios industriales no se ha vinculado directamente o a participado en este tipo de actividades. Este porcentaje de trabajadores se encuentra en un nivel de vulnerabilidad educativa – cultural (componente reducción del riesgo) Alto (categoría 3), en tanto que el restante de la masa trabajadora encuestada (40,7%) (11 trabajadores) sí ha participado o se ha vinculado con este tipo de actividades, lo que los sitúa en un nivel de vulnerabilidad educativa – cultural (componente reducción del riesgo) Moderado (categoría 2).

Reducción de riesgos

Pregunta N° 5.

De su participación en las actividades antes mencionadas como trabajador, ¿sabe usted si se generó algún plan especial orientado a disminuir los niveles de riesgos Socionaturales y Tecnológicos detectados? ☐ Sí: pase a la siguiente pregunta. ☐ No:

La cantidad y porcentaje de trabajadores encuestados que tienen conocimiento de algún plan especial orientado a disminuir los niveles de riesgo de desastre socionaturales y tecnológicos detectados en la instalación de servicios industriales y sus alrededores se muestran en la Fig. 17. Un 77,8% de los encuestados (21 trabajadores) desconocen la existencia de algún plan especial (institucional) orientado a disminuir los niveles de riesgo de desastre detectados en la planta, mientras que un 22,2% (6 trabajadores), manifestaron que sí reconocen que la institución Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora" posee un plan especial (institucional) orientado a disminuir los niveles de riesgo de desastre Socionaturales y Tecnológicos.

Se han generado planes especiales orientados a disminuir los niveles riesgos socionaturales y tecnológicos detectados

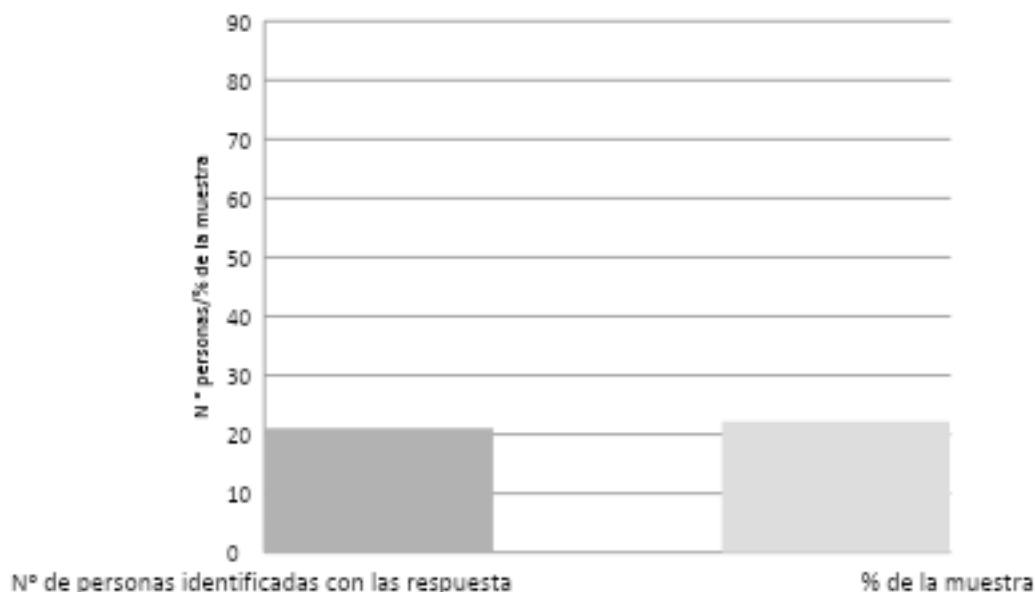


Figura 17. Conocimiento del personal sobre la existencia del plan especial orientado a la reducción de riesgos de desastre Socionaturales y Tecnológicos.

La Tabla 24 muestra los criterios para definir los diferentes niveles de vulnerabilidad parcial según categoría y rango de vulnerabilidad. En esta tabla se identifican la categoría, el rango de vulnerabilidad y los criterios de diferentes niveles de vulnerabilidad de la Pregunta 5, en torno a la valoración de la vulnerabilidad educativa – cultural (componente reducción del riesgo). Como se ha dicho en otras ocasiones, se buscó saber si los trabajadores tienen conocimiento de la existencia de algún plan especial orientado a disminuir los niveles de riesgo de desastres socionaturales y tecnológicos detectados en la instalación de servicios industriales y sus alrededores.

Tabla 24. Nivel de vulnerabilidad parcial, componente reducción del riesgo: conocimiento de la existencia del plan especial de reducción de riesgos de desastres.

Valores prefijados de vulnerabilidades parciales (Categoría)	Rangos de vulnerabilidad	Niveles de Vulnerabilidad	Criterios
4	> 75 %	Muy Alto	Menos del 25% del personal tiene conocimiento del plan especial orientado a reducir escenarios de riesgo de desastre.
3	> 50 o ≤ 75 %	Alto	Entre el 51 y 75 % del personal tiene conocimiento del plan especial orientado a reducir escenarios de riesgo de desastre.
2	≥ 25 o ≤ 50%	Moderado	Entre el 25 y 50 % del personal tiene conocimiento del plan especial orientado reducir escenarios de riesgo de desastre
1	< 25 %	Bajo	Más del 75% del personal tiene conocimiento del plan especial orientado reducir escenarios de riesgo de desastre

A continuación se muestra la Tabla 25, referida al análisis exploratorio descriptivo de los datos de la vulnerabilidad educativa – cultural, del componente reducción del riesgo.

Tabla 25. Análisis exploratorio descriptivo de los datos de la vulnerabilidad educativa – cultural, componente reducción del riesgo (conocimiento de algún plan especial (institucional) de reducción

Se generó algún plan especial orientado a disminuir los niveles de riesgos	Nº de personas identificadas con las respuesta	% de la muestra	Nivel de Vulnerabilidad	Valores prefijados de vulnerabilidades parciales (Categoría)
no	21	77,8	Muy Alto	4
Si	6	22,2	Bajo	1

En la Tabla 25 se puede observar que un 77,8% de los encuestados desconoce que la instalación de servicios industriales planta “Gral. Jose Justo Briceño Otalora” posea algún plan especial (institucional) de reducción de riesgo de desastre, lo que nos indica por corolario que más de las tres cuartas partes (>75%) de los encuestados (21 trabajadores) que cumple actividades directas en dicha instalación de servicios industriales desconocen la existencia de algún plan especial de reducción de riesgo de desastre. Este porcentaje de trabajadores se encuentra en un nivel de vulnerabilidad educativa – cultural Muy alto, lo

que los sitúa en una categoría 4, en tanto que el restante de la masa trabajadora (6 trabajadores) equivalente al 22,2% de los encuestados, manifiesta tener conocimiento de la existencia de un plan especial de reducción de riesgo de desastre, que busca salvaguardar al personal a la infraestructura física, los elementos y los procesos que hacen posible la continuidad en la prestación del servicio de distribución de GLP a usuarios finales.

Reducción de riesgos

Pregunta N° 6.

Como resultado de un plan especial orientado a disminuir los niveles de riesgos siconaturales y tecnológicos detectados, ¿sabe usted si se han promovido acciones y prácticas efectivas que disminuyan los niveles de vulnerabilidad, como por ejemplo la preparación al personal en caso de presentarse alguna emergencia?

☐ **Sí: pase a la siguiente pregunta** ☐ **No: Fin de la encuesta**

La cantidad y porcentaje de trabajadores encuestados que tienen conocimiento de acciones y prácticas puntuales y efectivas emprendidas institucionalmente para disminuir los niveles de vulnerabilidad detectados se muestran en la Fig. 18. Un alto porcentaje de los encuestados y/o más de tres cuartas partes de la muestra (77,8%), equivalente a 21 trabajadores, desconoce si la empresa Nevado Gas S.A, ha emprendido acciones y prácticas efectivas para disminuir las vulnerabilidades detectadas, mientras que un 22,2% de los trabajadores (6 trabajadores) manifestaron que la empresa Nevado Gas S.A sí ha promovido acciones y prácticas efectivas emprendidas para disminuir los niveles de vulnerabilidad detectados en los diagnósticos respectivos y que se encuentran contenidos en el plan especial de reducción de riesgo de desastre.

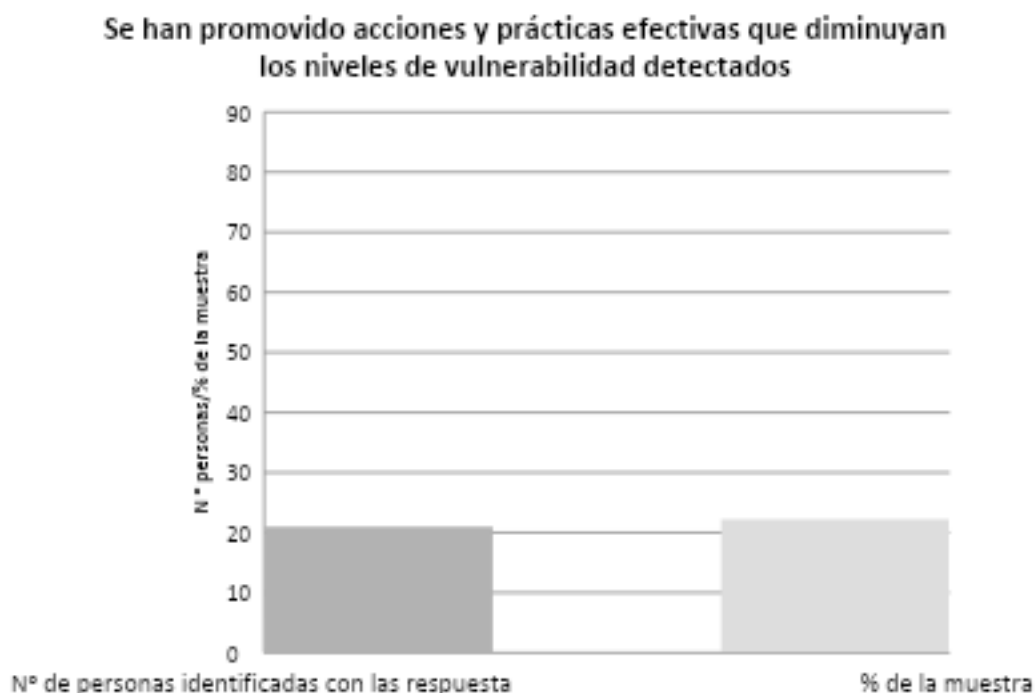


Figura 18. Conocimiento del personal sobre la promoción de acciones y prácticas efectivas orientadas a disminuir los niveles de vulnerabilidad detectados en la instalación de servicios industriales planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

La Tabla 26 muestra los criterios para definir los diferentes niveles de vulnerabilidad parcial según la categoría y el rango de vulnerabilidad. En esta tabla se identifican la categoría, el rango de vulnerabilidad y los criterios de diferentes niveles de vulnerabilidad de la Pregunta 6, sobre la valoración de la vulnerabilidad educativa – cultural, (componente reducción del riesgo), referida a la promoción de acciones y prácticas efectivas orientadas a disminuir los niveles de vulnerabilidad detectados en la instalación de servicios industriales y sus alrededores.

Tabla 26. Nivel de vulnerabilidad parcial, Componente reducción del riesgo sobre la acciones y prácticas promovidas para disminuir los niveles de vulnerabilidad detectados.

Valores prefijados de vulnerabilidades parciales (Categoría)	Rangos de vulnerabilidad	Niveles de Vulnerabilidad	Criterios
4	> 75 %	Muy Alto	Menos del 25% del personal considera que se han promovido acciones y prácticas efectivas orientadas a disminuir los niveles de vulnerabilidad detectados.
3	51 - 75 %	Alto	Entre el 51 y 75 % del personal considera que se han promovido acciones y prácticas efectivas orientadas a disminuir los niveles de vulnerabilidad detectados.
2	25 - 50%	Moderado	Entre el 25 y 50 % del personal considera que se han promovido acciones y prácticas efectivas orientadas a disminuir los niveles de vulnerabilidad detectados.
1	< 25 %	Bajo	Más del 75% del personal considera que se han promovido acciones y prácticas efectivas orientadas a disminuir los niveles de vulnerabilidad detectados.

A continuación se presenta la Tabla 27, sobre el análisis exploratorio descriptivo de los datos de la vulnerabilidad educativa – cultural, componente reducción del riesgo.

Tabla 27. Análisis exploratorio descriptivo de los datos de la vulnerabilidad educativa – cultural, componente reducción del riesgo, sobre las acciones y prácticas promovidas para disminuir los niveles de vulnerabilidad detectados.

Se han promovidos acciones y prácticas efectivas que disminuyan los niveles de vulnerabilidad	Nº de personas identificadas con la respuesta	% de la muestra	Nivel de Vulnerabilidad	Valores prefijados de vulnerabilidades parciales (Categoría)
no	21	77,8	Muy Alto	4
Si	6	22,2	Bajo	1

Se observa que un 77,8% de los encuestados (21 trabajadores) desconoce que institucionalmente se hayan emprendido acciones y prácticas orientadas a disminuir los niveles de vulnerabilidad detectados, lo que nos indica que este porcentaje de trabajadores se encuentra en un nivel de vulnerabilidad educativa – cultural Muy alto, (categoría 4), en tanto que el restante de la masa trabajadora (6 trabajadores), equivalente

al 22,2% de los encuestados, manifiesta que institucionalmente sí se han emprendido acciones y prácticas orientadas a disminuir los niveles de vulnerabilidad detectados en los diagnósticos respectivos y contenidos en el plan de gestión de riesgo de desastre de la PGJJBO, lo que nos indica que este porcentaje de trabajadores se encuentra en un nivel de vulnerabilidad educativa – cultural Bajo (categoría 1).

En este capítulo hemos analizado los resultados de etapas de acción dentro del estudio de caso, objeto de la presente investigación. Estas tres etapas fueron, en primer lugar, la aplicación del método que proponen Degraff y Romesburg (1998, en Ayala *et al*, 2015) para delimitar las áreas según el nivel de susceptibilidad a la ocurrencia de masa del tipo desprendimiento de rocas; en segundo lugar, la metodología propuesta por Cardoso *et al*. (2013) para calcular la distancia de recorrido de materiales (rocas) por la ladera ubicada al frente de la instalación industrial Planta “Gral. Jose Justo Briceño Otalora”; y, en tercer lugar, la aplicación del instrumento encuesta escrita (cuestionario) para estimar la vulnerabilidad educativa cultural del factor **resiliencia**, del personal que cumple labores diarias en la instalación industrial PGJJBO.

Una vez obtenidos los resultados, en el próximo capítulo presentamos la propuesta del plan de gestión de riesgo ante posibles escenarios de riesgos de desastres socionaturales y tecnológicos ya identificados en la instalación de servicios industriales Planta “Gral. Jose Justo Briceño Otalora”.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA DE PLAN DE GESTIÓN DE RIESGO ANTE POSIBLES ESCENARIOS DE RIESGOS DE DESASTRES SOCIONATURALES Y TECNOLÓGICOS IDENTIFICADOS EN LA INSTALACIÓN DE SERVICIOS INDUSTRIALES PLANTA "Gral. Jose Justo Briceño Otalora" Y SUS ALREDEDORES

La instalación de servicios industriales Planta de almacenamiento y envasado de Gas Licuado de Petróleo "Gral. Jose Justo Briceño Otalora" orienta sus actividades especializadas al almacenamiento, envasado y distribución de gases licuados de petróleo, tratándose éste de un servicio de primera necesidad. El servicio lo presta a usuarios finales de naturaleza residencial, comercial, industrial, médico-asistencial y educativo, en los municipios que conforman el eje metropolitano de Mérida a saber municipios Libertador, Campo Elías y Aricagua del estado bolivariano de Mérida.

Por las razones antes señaladas, y en el marco de dar cumplimiento a la norma, Ley de Gestión de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos de la República Bolivariana de Venezuela (2009), retomamos aquí el contenido del artículo 25, sobre los Planes Especiales de Reducción de Riesgos, Capítulo IV, De los Escenarios de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos:

Los entes u organismos responsables de la generación de escenarios de riesgos de índole Socionatural o Tecnológico, emprenderán de manera expedita acciones a través de planes especiales para caracterizar y disminuir los niveles de vulnerabilidad en los escenarios de riesgos contruidos en los distintos ámbitos territoriales, detectados en los diagnósticos respectivos (el subrayado es nuestro).

Prevía identificación, caracterización y evaluación del posible territorio de impacto (escenario de riesgos construido) y que pudiera generar efectos directos adversos (daños o pérdidas) al personal, a la instalación de servicios industriales (elemento expuesto), a los procesos y actividades desarrolladas a lo interno y a la continuidad de la prestación del

servicio de distribución de GLP a los usuarios finales arriba descritos, pasamos a presentar y desarrollar en el presente la PROPUESTA DE PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS y recomendaciones orientadas a gestionar posibles escenarios de riesgos de desastres sicionaturales y tecnológicos identificados y caracterizados.

En la siguiente sección se presentan los componentes que nos permiten identificar y mejorar posibles los escenarios de riesgo de desastre detectados en la instalación de servicios industriales PGJJBO. Para ello, nos basamos en lo que llama Lavell (2001) “componentes, contenidos o fases” (p.14):

La toma de conciencia, la sensibilización y la educación sobre el riesgo.

El análisis de los factores y las condiciones de riesgo existentes en el entorno bajo consideración o que podrían existir con la promoción de nuevos esquemas, y la construcción de escenarios de riesgo de manera continua y dinámica. Este proceso exige el acceso a información fidedigna, disponible en formatos y a niveles territoriales adecuados a las posibilidades y recursos de los actores sociales involucrados.

El análisis de los procesos causales del riesgo ya conocido y la identificación de los actores sociales responsables o que contribuyen a la construcción del riesgo.

Asimismo, se consideró el plan la concepción de los riesgos Natech (OECD, 2022), dada la interacción entre el fenómeno natural (movimiento de ladera de tipo *desprendimiento de rocas*) y el riesgo industrial (la PGJJBO y sus alrededores). El documento “Identificación de Escenarios NATECH en Colombia 2021-2022” (UNGRD, 2023) indica que la interacción entre el fenómeno natural y el riesgo industrial puede producir varios efectos adversos,

ya sea en instalaciones industriales [Ej: la PGBJO] o bodegas de almacenamiento, causando por ejemplo daños a las tuberías, a los equipos de proceso o a los tanques de almacenamiento. Debido a estas fallas múltiples y simultáneas que generan la liberación de sustancias peligrosas [Ej: GLP], es más probable que

ocurran eventos en cascada durante un evento natural que durante el funcionamiento normal de la instalación industrial (p. 7) (los insertos son nuestros).

6.1 Análisis de los procesos causales del riesgo ya conocidos e identificación de los actores sociales responsables o que contribuyeron a la construcción del riesgo.

La instalación de servicios industriales Planta de almacenamiento y envasado de Gas Licuado de Petróleo "Gral. Jose Justo Briceño Otalora" se localiza en el sector 23 de enero, parroquia Montalbán, municipio Campo Elías, estado Bolivariano de Mérida de la República Bolivariana de Venezuela. A esta localización la hemos denominado **territorio de impacto**, en tanto que la mancomunidad de municipios agregados y dependientes del servicio proporcionado por la PGJJBO, la hemos denominado **territorio de la causalidad**.

Lo que en la actualidad conforma la infraestructura física PGJJBO, en su contexto de **territorio de impacto**, ha experimentado diferentes transformaciones tanto en sus componentes físicos (infraestructura física, elementos, procesos y servicios) como en sus componentes intangibles (naturaleza de la propiedad y línea gerencial), los cuales explicaremos a continuación.

6.1.1 Procesos causales en la construcción del riesgo de desastres

La infraestructura física no inicia sus operaciones con la empresa Nevado Gas S.A. Para el año 2000 se llamaba Depósito Mérida. Entre sus actividades se encontraban el almacenamiento de cilindros móviles de 10, 18, 27 y 43 kg y la pernocta (estacionamiento) de unidades vehiculares de flota secundaria, destinadas a la distribución de GLP a los usuarios finales receptores del servicio. La instalación que correspondía a Depósito Mérida la podemos visualizar en la Fotografía 11. El círculo de color rojo identifica la sede de Depósito Mérida en sus inicios.



Fotografía 21. Localización de los espacios ocupados por Depósito Mérida. Fuente: Google Earth. Año 2004. Fecha de descarga 07/05/2023.

La entidad responsable de regentar las actividades operativas y administrativas fue la comercializadora privada Vengas S.A., empresa encargada en su momento de la distribución de GLP a usuarios finales residenciales, comerciales e industriales localizados en el eje metropolitano y eje páramo del estado Bolivariano de Mérida.

Los factores condicionantes que determinaron la localización de la infraestructura física Depósito Mérida en las adyacencias del sector 23 de enero en la década de los 60 del siglo XX, se debió en gran medida a la influencia ejercida por la Instalación de Servicios Industriales Planta de almacenamiento y envasado de Gas Licuado de Petróleo Busgas, empresa ubicada en las proximidades del sector y que para el momento era la única planta y/o instalación de servicios industriales especializados para la manipulación de GLP que poseía el eje metropolitano de Mérida con características técnicas que permitían el trasegado almacenamiento y envasado de cilindros móviles de 10, 18, 27 y 43 kg. Esta condición de sitio (ventaja comparativa) que propició la localización de la comercializadora Vengas (actual PGJJBO), del mismo modo estimuló a comercializadoras como Mérida Gas,

Mattera Gas y Tico Gas para establecer sus infraestructuras físicas (Depósitos) en las inmediaciones de la planta Busgas. El objetivo era acceder a una fuente de suministro contigua, confiable y especializada para el envasado del producto GLP para luego posteriormente comercializarlo en los municipios pertenecientes al eje metropolitano y eje páramo del estado Bolivariano de Mérida. Este grupo de comercializadoras especializadas en la distribución de GLP abarcó el 100% de la distribución de GLP en la década de los años 60 del siglo pasado.

Por las razones antes descritas, se desarrollaron e impulsaron la mayoría de las empresas comercializadoras de GLP que en la actualidad posee el eje metropolitano de Mérida. Ello estimuló paralelamente la ocupación de espacios cercanos entre el sector 23 de enero y las inmediaciones de la entrada del sector Manzano Alto del municipio Campo Elías del estado Bolivariano de Mérida, tal como se puede apreciar en el Mapa 12 (página siguiente).

Existen otras razones que aparentemente fomentaron la localización de las distintas operadoras en las inmediaciones de la Instalación de Servicios Industriales Planta de almacenamiento y envasado de Gas Licuado de Petróleo Busgas. En primer lugar, había terrenos deshabitados y accesibles en las cercanías de la Planta Busgas. En segundo lugar, existió una frágil intervención por parte de las instituciones del estado regionales y municipales que no ejercieron control ni fiscalización sobre la ocupación del territorio y poblamiento entre los sectores 23 de enero y la entrada del sector Manzano Alto del municipio Campo Elías. En tercer lugar, las vías de comunicación para su momento presentaban un bajo tránsito vehicular que permitía el acarreo del producto GLP por las características periféricas a la ciudad de Mérida. Se empleaban unidades semi-remolque desde las fuentes de suministros (Planta de Fraccionamiento ULE y Bajo grande, ubicadas en las costas oriental y occidental del Lago de Maracaibo) hasta la instalación de servicios industriales Planta Busgas. En cuarto lugar, desde tales áreas se facilitaba el acceso a las zonas densamente pobladas del eje metropolitano de Mérida, eje Páramo y municipios

948800
948700
948600
948500
948400
948300
948200
948100
948000
947900

255200 255300 255400 255500 255600 255700 255800 255900 256000 256100

www.bdigital.ula.ve

N
W E
S

LOCALIZACIÓN DE INSTALACIONES DE SERVICIOS INDUSTRIALES ORIENTADAS AL ALMACENAMIENTO Y/O LLENADO DE CILINDROS DE GLP

AÑO-2024

Escala 1:1.500

0 0,0075 0,015 0,03 0,045 0,06 Km

MAESTRIA EN GESTIÓN DE RIESGOS SOCIONATURALES

Plan de acción orientado a la gestión de riesgos socionaturales y tecnológicos en la planta, General Justo Briceño Otalora municipio Campo Elías estado Bolivariano de Mérida

SÍMBOLOS

— Curso de agua intermitente

— Vialidad

Planta Nevado Gas

Planta Bus Gas

Deposito Mérida gas

Deposito Mattera gas

Proyección Universal Transversal de Mercator
Datum Horizontal: Sirgas-Reven, Datum Vertical: Nivel Medio del Mar
Las líneas numeradas indican las cuadrículas
Universal Transversal de Mercator, Huso 19, Elipsoidal GRS80
Elaborado por Geógrafo Pablo Antonio Márquez Moreno
C.O.V. 1.443, Fecha 2024

SETECION RELATIVA DEL AREA DE ESTUDIO

REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

ESTADO BOLIVARIANO DE MERIDA

MUNICIPIO GENERAL JUSTO BRICEÑO OTALORA

LOCALIDAD CUATARA

LOCALIDAD MATTERA

LOCALIDAD NEVADO

LOCALIDAD BUS

Es importante destacar que para el momento de la ubicación de la Planta Busgas, ni el gobierno regional ni la municipalidad de Campo Elías habían hecho un análisis técnico ni científico sobre los espacios poligonales orientados al desarrollo físico-espacial de las instalaciones de servicios industriales destinadas al almacenamiento y procesamiento de materiales considerados peligrosos (GLP), tal como posteriormente quedó identificado y técnicamente definido en la norma Plan de Ordenación Urbanística del Área Metropolitana de Mérida – Ejido – Tabay del año 2005 (POU). Para el momento, la República Bolivariana de Venezuela tampoco contaba con una ley similar a la Ley GIRST

(2009). El único marco jurídico con que se contaba eran las resoluciones: 704 del año 1960 y 290 del año 1977. En ellas se indica de manera vaga y ambigua las determinaciones para la localización de instalaciones destinadas al almacenamiento y manipulación de gases licuados de petróleo en la República de Venezuela. Para el año 2003 se encontraban en fase de actualización (Revete, 2003). Sin embargo, no se halló información reciente al respecto.

6.2 Identificación de los actores institucionales responsables o que contribuyeron a la construcción del riesgo de desastres

Dentro de los procesos de identificación de actores institucionales, se debe aclarar que estos han experimentado cambios y/o transformaciones temporales, tanto en el componente gerencial institucional, como en la naturaleza de los derechos de la propiedad, tal como se evidencia en la Fig. 19.

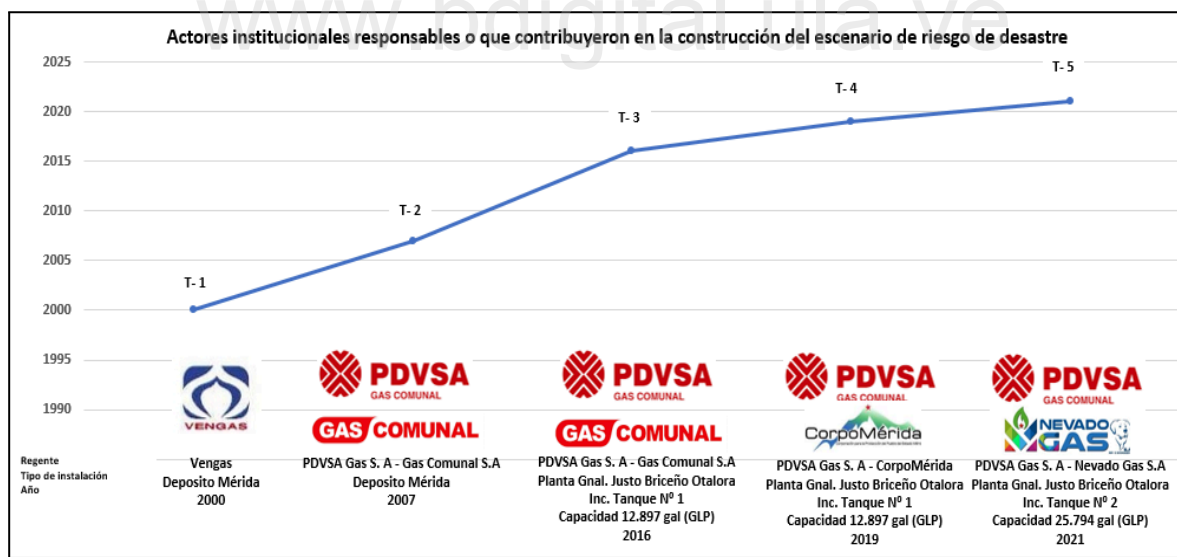


Figura 19. Actores responsables o que contribuyeron en la construcción del riesgo de desastre en la instalación de servicios industriales Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora". Fuente: Elaboración propia

A continuación, se explican los diferentes periodos y los actores institucionales que han sido copartícipes en la construcción de los escenarios de riesgos de desastres en la zona donde actualmente se encuentra la instalación de servicios industriales PGJJBO.

Primer periodo: 2000 – 2007 .

Operadora responsable: Vengas. Naturaleza de la propiedad: privada. En septiembre del año 2000 la operadora Vengas S.A, recibe por parte del Cuerpo de bomberos del estado Mérida el permiso de habitabilidad de la infraestructura física denominada Depósito Mérida, lo que da inicio a las operaciones de almacenamiento de cilindros móviles de 10, 18 y 43 Kg. Para el almacenamiento de GLP, sus instalaciones permiten también la pernocta de unidades móviles (flota secundaria) destinadas a la subdistribución de gases licuados de petróleo en los municipios que conforman el eje metropolitano, eje páramo y municipio Sucre del estado Mérida.

Segundo periodo: 2007 – 2016.

La operadora Vengas junto con la empresa Tropigas (mayores comercializadoras del producto GLP a usuarios finales en Venezuela) son nacionalizadas por parte del estado venezolano (año 2007). Es entonces cuando surge la filial no petrolera PDVSA Gas Comunal – Gas Comunal S.A., primera empresa estatal creada por el estado para cumplir funciones directas de distribución de GLP a usuarios finales residenciales, comerciales e industriales en Venezuela. Su misión era “garantizar el suministro y distribución de GLP de manera eficiente, eficaz, segura y oportuna, al pueblo venezolano” (Ministerio del Popular de Petróleo y Minería, s.f, p.2). Así, el Depósito Mérida, regentado por la operadora Vengas, pasa a ser dirigido por la empresa estatal Venezolana PDVSA Gas Comunal S.A – Gas Comunal, la cual asume la distribución de GLP en el estado Mérida. Durante este periodo de transición las características de la instalación de servicios industriales al parecer no experimentó transformaciones en sus elementos, procesos y actividades, puesto que no se halló evidencia o constancia alguna (oral o física documental) de evaluaciones y/o actualizaciones de los permisos de habitabilidad de la infraestructura física ocupada.

Tercer periodo: 2016 – 2019.

A inicios del año 2016 la infraestructura física (obra civil) fue objeto de transformaciones estructurales significativas. Dichas transformaciones dieron origen a la incorporación y diversificación de elementos y procesos internos en la instalación de servicios industriales. La denominación Depósito Mérida fue cambiada a Planta “General Jose Justo Briceño Otalora”. Estas transformaciones se inician con la incorporación del primer tanque para el almacenamiento del producto de GLP de 12.897 gal. Los elementos, procesos y servicios incorporados se describen en la sección 6.3. Durante este periodo la filial no petrolera PDVSA Gas Comunal S.A, continúa con la responsabilidad de la subdistribución de gases licuados de petróleo en el territorio de la República Bolivariana de Venezuela a través de la operadora Gas Comunal S.A- La primera de ellas, PDVSA Gas Comunal S.A, era la encargada de las infraestructuras físicas (plantas de almacenamiento, envasado y distribución) y el acarreo del producto GLP, a través de unidades semi–remolque de flota primaria, desde la fuentes de suministro (plantas de fraccionamiento) hasta la instalaciones de servicios industriales (plantas). La operadora Gas Comunal, por su parte, era la encargada de la subdistribución de cilindros móviles y distribución de gas a granel a través de la flota secundaria, con el fin de satisfacer la demanda de usuarios finales de naturaleza residencial, comercial, industrial e institucional (médico-asistencial y educativo) adscritas al sistema público nacional de salud y educación.

Cuarto periodo: 2019 – 2021.

Durante este periodo la instalación de servicios industriales PGJJBO y el personal adscrito a Gas Comunal S.A, son transferidos a la Corporación para la Protección del Pueblo del estado Bolivariano de Mérida. Durante esta fase de transición los elementos, procesos y las actividades inherentes al servicio de distribución de GLP no sufrieron modificaciones.

Quinto periodo: 2021 – 2024 (presente)

En el año 2021 la instalación de servicios industriales PGJJBO y el personal dependiente de la Corporación para la Protección del Pueblo del estado Bolivariano de Mérida, ente que hasta la fecha regentaba la instalación industrial (planta), son transferidos a la recién constituida empresa Nevado Gas S.A., adscrita a la Gobernación del estado Bolivariano de Mérida. Durante este periodo de transición la infraestructura física (PGJJBO) ha sido objeto de un nuevo proceso de rehabilitación, el cual incluyó la refacción de la infraestructura física, la incorporación de elementos y la diversificación de los procesos y actividades desarrollados a lo interno. En este periodo fue incorporado un segundo tanque gemelo con capacidad de 12.897 gal. para almacenar el producto GLP, elevando la capacidad de almacenamiento a 25.794 gal. de GLP. Los elementos, procesos y servicios incorporados se describen en detalle en la siguiente sección para cada uno de los periodos identificados.

6.3 Identificación de los elementos, procesos y servicios en riesgo, según los actores institucionales responsables de la construcción del riesgo de desastres

En esta sección se describen los posibles elementos y procesos en riesgo según los regentes responsables de la infraestructura física: responsable, naturaleza de la propiedad, tipo de infraestructura física, elementos internos, procesos, naturaleza del servicio y ámbito territorial de distribución de GLP; desde su constitución bajo la denominación Depósito Mérida, hasta la actualidad, con el nombre Planta de almacenamiento y envasado de Gas Licuado de Petróleo "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

1. Nombre del elemento en riesgo expuesto: Depósito Mérida.

Periodo: 2000-2007

Regente: Operadora Vengas

Naturaleza de la propiedad: Privada

Infraestructura Física: Depósito.

Elementos internos: Plataforma de almacenamiento de cilindros de 10/18/43 Kg, con patio de pernocta de unidades automotrices (flota secundaria); área de servicio.

Procesos: Almacenamiento de cilindros de 10/18/43 kg., desde planta de llenado Busgas hasta el depósito Mérida; transferencia de cilindros móviles de plataforma almacenamiento a unidades móviles de distribución.

Servicio prestado: Distribución de cilindros móviles de GLP de 10/18/27/43 kg., a usuarios residenciales, industriales, comerciales, médicos y educativos.

Ámbito territorial de distribución de GLP: Eje Metropolitano de Mérida.

Personal en riesgo (expuestos)

- Choferes y ayudantes.

Bienes en riesgo (expuestos)

- Infraestructura física.
- Vehículos automotores de distribución de cilindros móviles (flota secundaria).
- Cilindros para almacenamiento de GLP móviles de 10/18/43 kg.

Servicio en riesgo (expuestos)

- La continuidad en la distribución de GLP (residencial, industrial, comercial y médico asistencial)

Nota: En septiembre del año 2000 se efectuó la inspección técnica por parte de los bomberos del estado Mérida. El operador Vengas recibió la permisología de habitabilidad de la infraestructura física, lo que marca el inicio de las operaciones (Fuente: ficha técnica que se conserva en la PGJJBO).

2. Nombre del elemento en riesgo expuesto: Depósito Mérida.

Periodo: Septiembre 2007-2016.

Regente: PDVSA Gas Comunal. S.A. - Gas Comunal S.A.

Naturaleza de la propiedad: Pública.

Infraestructura Física: Depósito.

Elementos internos: Plataforma de almacenamiento de cilindros de 10/18/43 Kg; patio de pernocta de unidades automotrices (flota secundaria); área de servicio.

Procesos: Almacenamiento de cilindros de 10/18/43 kg. desde planta de llenado Busgas hasta el Depósito Mérida; transferencia de cilindros móviles desde plataforma de almacenamiento hasta unidades móviles de distribución.

Servicio prestado: Distribución de cilindros móviles de GLP de 10/18/27/43 kg. y de camión cisterna para distribución de gas a usuarios residenciales, industriales, comerciales, médicos y educativos.

Ámbito territorial de distribución de GLP: Eje Metropolitano de Mérida.

Personal en riesgo (expuestos)

- Choferes y ayudantes.

Bienes en riesgo (expuestos)

- Infraestructura física.
- Vehículos automotores de distribución de cilindros móviles y camión cisterna (flota secundaria).
- Cilindros para almacenamiento de GLP móviles de 10/18/43 kg.

Servicio en riesgo (expuestos)

- Continuidad en la distribución de GLP (residencial, industrial, comercial y médico asistencial)

3. Nombre del elemento en riesgo expuesto: Planta de almacenamiento y envasado de Gas Licuado de Petróleo "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

Periodo: Septiembre 2016-2019.

Regente: PDVSA Gas Comunal S.A. - Gas Comunal S.A.

Naturaleza de la propiedad: Pública.

Infraestructura Física: Planta de almacenamiento y envasado de Gas Licuado de Petróleo.

Elementos internos: Plataforma de llenado de cilindros de 10/18/27/43 kg; 8 picos de llenado para cilindros móviles; área de administración; área de tanque N°1;

área de reparación menor y pintura; patio; área de servicio; plataforma de alivio; planta eléctrica; caseta de vigilancia; área de bombas y compresores.

Procesos: Almacenamiento de 12.897 gal. del producto GLP, almacenamiento de cilindros de 10/18/27/43 kg., llenado de cilindros móviles de 10/18/27/43 kg; transferencia de cilindros móviles de plataforma de almacenamiento a unidades móviles de distribución.

Servicio prestado: Distribución de cilindros móviles de GLP de 10/18/27/43 kg. y de camión cisterna para distribución de gas a usuarios residenciales, industriales, comerciales, médicos y educativos.

Ámbito territorial de distribución de GLP: Eje Metropolitano de Mérida, eje Páramo y municipio Sucre del estado Bolivariano de Mérida.

Personal en riesgo (expuestos)

- Personal administrativo, choferes y ayudantes.

Bienes en riesgo (expuestos)

- Infraestructura física.
- Tanque estacionario de 12.897 Gal. del producto GLP.
- Vehículos automotores de distribución de cilindros móviles (flota primaria y secundaria).
- Cilindros para almacenamiento de GLP móviles de 10/18/27/43 kg.

Servicio en riesgo (expuestos)

- Continuidad en la distribución de GLP (residencial, industrial, comercial y médico asistencial).

4. Nombre del elemento en riesgo expuesto: Planta de almacenamiento y envasado de Gas Licuado de Petróleo "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

Periodo: Septiembre 2019-2021.

Regente: Gas Comunal S.A.- CorpoMérida.

Naturaleza de la propiedad: Pública.

Infraestructura Física: Planta de almacenamiento y envasado de Gas Licuado de Petróleo.

Elementos internos: Plataforma de llenado de cilindros de 10/18/27/43 kg; 8 picos de llenado para cilindros móviles; área de administración; área de tanque N°1; área de reparación menor y pintura; patio; área de servicio; plataforma de alivio; planta eléctrica; caseta de vigilancia; área de bombas y compresores.

Procesos: Almacenamiento de 12.897 gal. del producto GLP; almacenamiento de cilindros de 10/18/27/43 kg., llenado de cilindros móviles de 10/18/27/43 Kg.; llenado de camión cisterna para tanques a granel; transferencia de cilindros móviles de plataforma almacenamiento a unidades móviles de distribución.

Servicio prestado: Distribución de cilindros móviles de GLP de 10/18/27/43 kg. de camión cisterna para distribución de gas a usuarios residenciales, industriales, comerciales, médicos y educativos.

Ámbito territorial de distribución de GLP: Eje Metropolitano de Mérida, eje Páramo y municipio Sucre del estado Bolivariano de Mérida.

Personal en riesgo (expuestos)

- Personal administrativo, personal de mantenimiento, choferes y ayudantes.

Bienes en riesgo (expuestos)

- Infraestructura física.
- Tanque estacionario de 12.897 gal. del producto GLP.
- Vehículos automotores de distribución de cilindros móviles (flota primaria y secundaria).
- Cilindros para almacenamiento de GLP móviles de 10/18/43 kg.

Servicio en riesgo (expuestos)

- Continuidad en la distribución de GLP (residencial, industrial, comercial y médico y educativo).

5. Nombre del elemento en riesgo expuesto: Planta de almacenamiento y envasado de Gas Licuado de Petróleo "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

Periodo: Septiembre 2021-2024 (presente).

Regente: PDVSA Gas Comunal S.A.- Nevado Gas S.A.

Naturaleza de la propiedad: Pública.

Infraestructura Física: Planta de almacenamiento y envasado de GLP.

Elementos internos: Plataforma de llenado de cilindros de 10/18/27/43 kg; 8 picos de llenado para cilindros móviles; área de administración; área de tanque N°1; área de tanque N° 2; área de reparación menor y pintura; patio; área de servicio; plataforma de alivio; planta eléctrica; caseta de vigilancia; isla de trasiego de unidades fijas a unidades móviles (camión tanque de distribución de gas a granel); área de bombas y compresores; área de cocina – comedor.

Procesos: Almacenamiento de 25.794 gal. del producto GLP; almacenamiento de cilindros de 10/18/27/43 kg; llenado de cilindros móviles de 10/18/27/43 Kg.; trasiego de unidades fijas a móviles (tanque granel); transferencia de cilindros móviles de plataforma de almacenamiento a unidades móviles de distribución.

Servicio prestado: Distribución de cilindros móviles de GLP de 10/18/27/43 kg. y distribución del producto GLP a granel a usuarios residenciales, industriales, comerciales, médicos y educativos).

Ámbito territorial de distribución de GLP: municipios Libertador, Campo Elías y Aricagua del estado Bolivariano de Mérida.

Personal en riesgo (expuestos)

- Personal administrativo, personal de mantenimiento, personal de servicio, choferes y ayudantes.

Bienes en riesgo (expuestos)

- Infraestructura física.
- Tanques estacionarios N° 1 y N° 2 con capacidad integral de almacenamiento de 25.794 Gal. del producto GLP.

- Vehículos automotores de distribución de cilindros móviles (flota secundaria), unidades automotores de distribución semi remolque de distribución de gas a granel (flota secundaria) y unidades automotores camión cisterna semi-remolque (flota primaria).
- Cilindros para almacenamiento de GLP móviles de 10/18/27/43 kg.

Servicio en riesgo (expuestos)

- Continuidad en la distribución de cilindros de móviles y fijos de GLP (residencial, industrial, comercial y médico y educativo).

6.4 Análisis del peligro natural identificado y existente en el entorno que posiblemente podría afectar a los elementos expuestos, provocando una pérdida de contención del producto (GLP) y generando un evento Natech.

6.4.1 Análisis del nivel de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa (desprendimiento de rocas) de la ladera frontal a la instalación de servicios industriales PGJJBO.

La ladera frontal a la instalación de servicios industriales PGJJBO, (área de estudio) se encuentra inserta en un relieve de montaña, caracterizado por una topografía abrupta, de pendientes fuertemente inclinadas. La configuración estructural de la ladera y las condiciones geomecánicas del macizo rocoso identificados y descritos anteriormente, hacen que exista primero **una alta susceptibilidad** a la ocurrencia de movimientos de ladera del tipo *desprendimiento de rocas* en gran parte del área de estudio. En segundo lugar, la sección superior de la ladera, exhibe un afloramiento del macizo rocoso que se circunscribe a un área de aproximadamente 1.554,05 m², lo que de manera particular hace que en este área el nivel de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de ladera del tipo *desprendimiento de rocas* sea **muy alta**. En el resto de área de estudio (zonas inferior e intermedias), la susceptibilidad es considerada moderada, tal como se evidencia en el Mapa 9, el cual muestra la susceptibilidad al proceso geodinámico desprendimiento de rocas.

Como complemento de lo anteriormente advertido, a continuación se explica en detalle los resultados obtenidos en la valoración realizada a cada uno de los componentes propuestos (geológico-geotécnico y gradiente de la pendiente) y que dan cuenta de los niveles de susceptibilidad mencionados anteriormente.

De manera puntual, la valoración del componente geológico-geotécnico determinó que las condiciones geomecánicas dominantes del macizo rocoso y especialmente del afloramiento del macizo rocoso son malas en un 97% de la superficie total de la área de estudio. Dicho porcentaje se circunscribe a los espacios localizados entre la parte intermedia superior e intermedia baja de la ladera, como se evidencia en la Fig. 8 sobre los rangos de las condiciones geomecánicas de la roca. En el restante 3% de la superficie, los resultados arrojaron condiciones geomecánicas moderadas. Esta condición se localiza en la zona intermedia de la ladera, área que coincide con la berma, tal como se puede evidenciar en el Mapa 6. Mapa de condiciones geomecánicas del área de estudio N° 2. Para llegar a tal afirmación y aseverar que dichos niveles de susceptibilidad son irrefutables y ciertos, se partió de la valoración en campo de los componentes seleccionados y analizados anteriormente a saber: presencia de falla, número de familias de discontinuidades (diaclasas), espaciamiento entre las discontinuidades, tamaño del bloque y resistencia a compresión simple de la roca.

El segundo factor evaluado y que nos permitió valorar integralmente los niveles de susceptibilidad a la ocurrencia del proceso geodinámico *desprendimiento de rocas* corresponde al factor *gradiente de la pendiente*. Este factor nos indica que tres cuartas partes del área de estudio (75%) están influenciadas por pendientes fuertemente inclinadas o $> 45^\circ$. Dichos espacios se circunscriben a las áreas localizadas entre la parte intermedia superior e intermedia baja de la ladera. En el resto de la superficie del área de estudio se distribuyen los restantes sectores de pendientes, a saber: inclinada (17%), localizada en la parte superior y baja de la ladera; moderadamente inclinada (5%), localizada en la parte inferior de la ladera; y por último tenemos la pendiente ligeramente inclinada (3%), localizada en la parte intermedia de la ladera, área por donde discurre el

plano de falla y sobre la cual se formó una berma, tal como se puede evidenciar en la Fotografía 22.



Fotografía 22. Área de estudio, flanco derecho de la ladera frontal a la instalación de servicios industriales planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

La Fotografía 22 exhibe, además, la erosión producto de un incendio de vegetación que se produjo en la ladera unas semanas antes de la toma de la fotografía. Se destaca con ello la susceptibilidad de la ladera a presentar incendios de vegetación.

La valoración de estos dos componentes identificados anteriormente es lo que nos permite afirmar objetivamente la naturaleza de los niveles de susceptibilidad referidos (muy alta, alta y moderada) y que predisponen el área de estudio a la ocurrencia del proceso geodinámico *desprendimiento de rocas*. Adicionalmente, es importante tener presente la fragilidad existente en las condiciones de equilibrio de los bloques de rocas de metabrechas localizados en la parte superior de la ladera debido a la fuerte pendiente y a las heterogéneas condiciones en que estos bloques de metabrechas se visualizaron en el área de estudio y que fueron detallados en las clases de susceptibilidad. Estos bloques se

encuentran desprendidos de la matriz de la roca principal, en nichos de salida y/o enterrados en un perfil de meteorización aún *in situ*. Ello corrobora lo afirmado por Varnes (1984, en INDECI 2011, p. 26) dentro de los principios que orientan la evaluación del peligro por movimientos de masa en laderas por deslizamientos: “Las condiciones que permitieron en el pasado la ruptura de una ladera, van a resultar también en potenciales condiciones inestables en el presente”. Este principio se corrobora en la Fotografía 3, sobre Inventario localización y distribución del proceso geodinámico pasado, y presentado en el Mapa 4, sobre inventario, localización y distribución del proceso geodinámico actual y pasado. De esta manera, se justifica la elaboración del análisis de la distancia de recorrido del material desplazado producto del desprendimiento de rocas, que se muestra en la siguiente sección.

6.5 Análisis de la distancia de recorrido del material desplazado (rocas-metabrechas) de la ladera frontal a la instalación de servicios industriales Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

El análisis de la distancia de recorrido de las rocas-metabrechas de la formación Sabaneta, susceptibles de desprenderse de la ladera frontal con dirección a la instalación de servicios industriales PGJJBO (evento primario), es clave para determinar la vulnerabilidad de los elementos internos expuestos a saber: tanques de almacenamiento N° 1 y N° 2, unidades semi remolque - camión cisterna de flota primaria, camión tanque a granel y recipientes móviles. La vulnerabilidad se produce por el producto almacenado en dichos elementos industriales (GLP), clasificado como un producto peligroso, tanto por su inflamabilidad como por su volatilidad. Si el material susceptible de ser desplazado llegase a alcanzar los elementos internos expuestos en riesgo, se podría generar una posible pérdida de contención del producto peligroso GLP (evento secundario), lo que a su vez muy probablemente ocasionaría un accidente tecnológico del tipo fuga y/o explosión (evento Natech).

A continuación identificaremos los elementos y componentes potencialmente vulnerables, en caso de ser impactados por el material rocoso desprendido de la ladera frontal a la instalación de servicios industriales, a saber:

1. La instalación de servicios industriales PGJJBO (componente civil).
2. El personal adscrito a la instalación de servicios industriales (componente humano).
3. Los elementos internos (componente industrial)
4. Los procesos y actividades desarrolladas (componente servicios industriales).
5. La prosecución y continuidad en la prestación del servicio de distribución de GLP (línea vital).

En la Fotografía 23, se muestran las áreas internas de la planta "Gral Jose Justo Briceño Otalora". En orden de izquierda a derecha se observa: plataforma de alivio, plataforma de llenado, picos de llenados (al fondo) y las áreas administrativas. Se observa también miembros del personal (choferes y ayudantes) en labores de carga de los cilindros móviles en las unidades de flota secundaria (unidades de subdistribución).

En la Fotografía 24 se muestran las áreas de tanques N° 1 y N° 2, (margen derecho de la fotografía). Asimismo, se observa la unidad semiremolque camión cisterna de flota primaria (camión de color rojo) en labores de trasegado del producto de GLP a los tanques estacionarios de almacenamiento. Al fondo se observa el área de patio y el área de reparaciones menores y pintura. En el lado derecho de la imagen se observa el área de bombas y compresores.



Fotografía 23. Áreas internas de la planta "Gral Jose Justo Briceño Ojalora". (De izq. a der.): área de plataforma de alivio, plataforma de llenado con los picos de llenados (al fondo) y áreas administrativas.



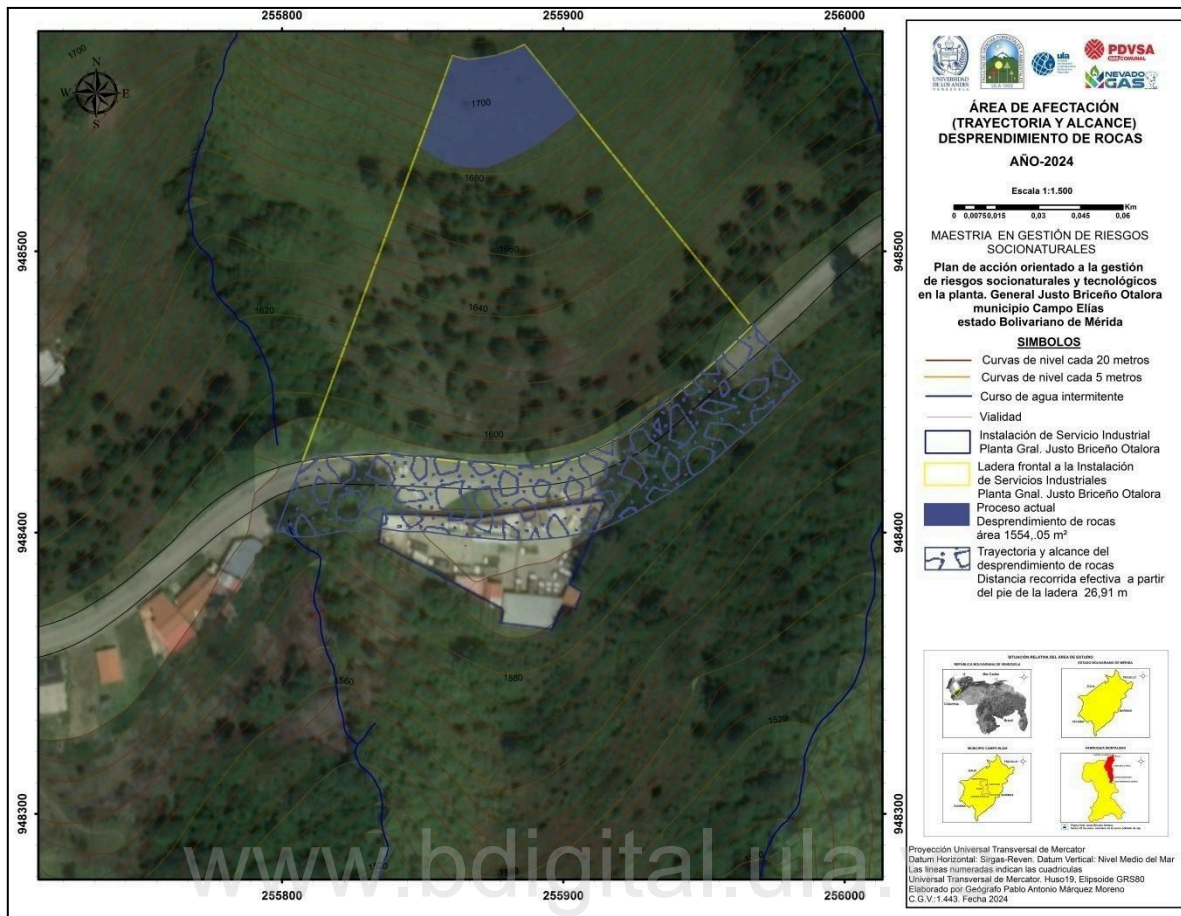
Fotografía 24. Áreas internas de la planta "Gral Jose Justo Briceño Ojalora": áreas de tanques N° 1 y N° 2, (margen derecho), unidad semi-remolque de flota primaria (camión de color rojo), área de patio y área de reparaciones menores y pintura (al fondo), área de bombas y compresores (margen derecha).

Con base de los resultados de la distancia de recorrido del material afectado por inestabilidades (*desprendimiento de roca*) de la ladera frontal a la instalación industrial PGJJBO presentados en el capítulo V, presentamos los diferentes escenarios que pudieran darse ante la posibilidad de impacto del material rocoso desprendido contra los elementos internos expuestos. Un potencial desprendimiento de rocas o avalancha de rocas (material desplazado), proveniente de la ladera frontal a la instalación de servicios industriales podría impactar de manera contundente y frontal a la instalación de servicios industriales .

Primer escenario

En el mapa que a continuación se presenta (Mapa 13), se puede identificar el área de afectación -trayectoria y alcance- del material susceptible de desprenderse, para una distancia de recorrido efectiva de 26,91 metros desde el pie de la ladera hasta los elementos expuestos en riesgo: (1) Muro perimetral de la instalación de servicios industriales. (2) Grupo de elementos y componentes potencialmente vulnerables en función de la severidad del evento perturbador (energía cinética liberada producto del impacto del material desplazado): área de patio, isla de trasiego, área de tanque N°1 y N°2, área de bombas y compresores, caseta de vigilancia, planta eléctrica.

Los efectos directos asociados (daños) estarían relacionados con una potencial pérdida de contención (fuga) del producto GLP y/o una explosión, dadas las características de volatilidad e inflamabilidad del producto almacenado, lo que desencadenaría un accidente tecnológico que comprometería a todos los elementos y componentes antes descritos.

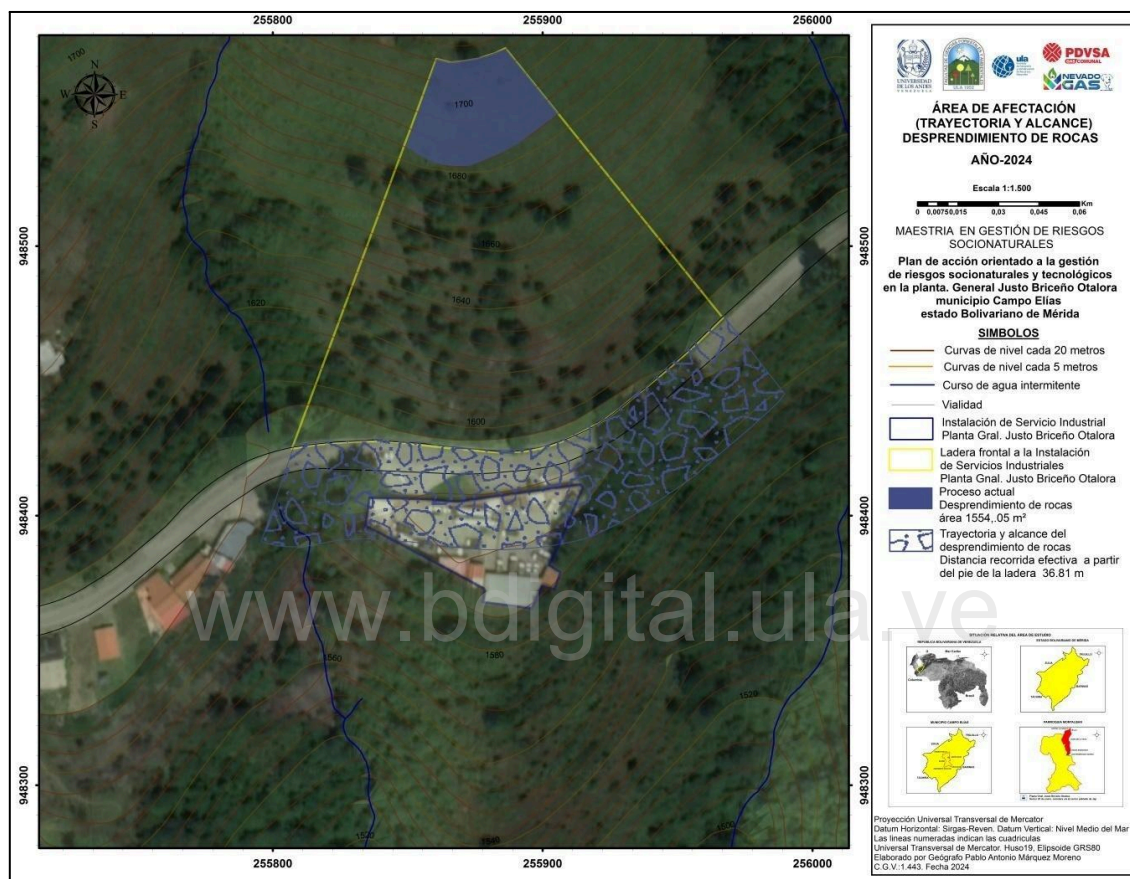


Mapa 13. Posible área de afectación (trayectoria y alcance) del material susceptible de desprenderse; distancia de recorrido 26,91m a partir del pie de la ladera.

Segundo escenario

En el Mapa 14, se puede identificar el área de afectación -trayectoria y alcance- del desprendimiento de roca para una distancia de recorrido efectiva de 36,81 metros desde el pie de la ladera hasta los elementos expuestos en riesgo: (1) muro perimetral de la instalación de servicios industriales. (2) Grupo de elementos y componentes potencialmente vulnerables en función de la severidad del evento perturbador (energía cinética liberada producto del impacto del material desplazado): área de patio, área de reparación menor y pintura, isla de trasiego, área de tanque N°1 y N°2, área de bombas y compresores, caseta de vigilancia, planta eléctrica.

Los efectos directos asociados (daños) estarían relacionados con una potencial pérdida de contención del producto GLP y/o una explosión, dadas las características de volatilidad e inflamabilidad del producto almacenado, lo cual desencadenaría un accidente tecnológico que comprometería a los elementos y componentes antes descritos.



Mapa 14. Posible área de afectación (trayectoria y alcance) del material susceptible de desprenderse; distancia de recorrido 36,81 m.a partir del pie del pie de la ladera.

6.6 Clasificación de la instalación de servicios industriales planta "Gral. Jose Justo Briceño Ojalora" (elemento en riesgo) y del producto almacenado GLP

Para caracterizar la instalación de servicios industriales y el producto almacenado y manejado, nos apoyamos en la resolución 704 "Normas para la Ubicación, Construcción,

Ampliación, Remodelación, Reubicación, Desmantelamiento y Operación de las Plantas de Llenado de Recipientes para Gases Licuados de Petróleo (GLP)” (1960).

Según esta Resolución, la instalación de servicios industriales Planta de Llenado "Gral. Jose Justo Briceño Otalora" se corresponde con una instalación física, debidamente autorizada por el Organismo Correspondiente (Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo) para el almacenamiento, envasado y venta de GLP, en Cilindros y al granel a los distribuidores, a las estaciones de Servicio, al público, y/o los consumidores finales por medio de personas jurídicas autorizadas por dicho organismo, de acuerdo con lo establecido por las Normas técnicas y legales vigentes.

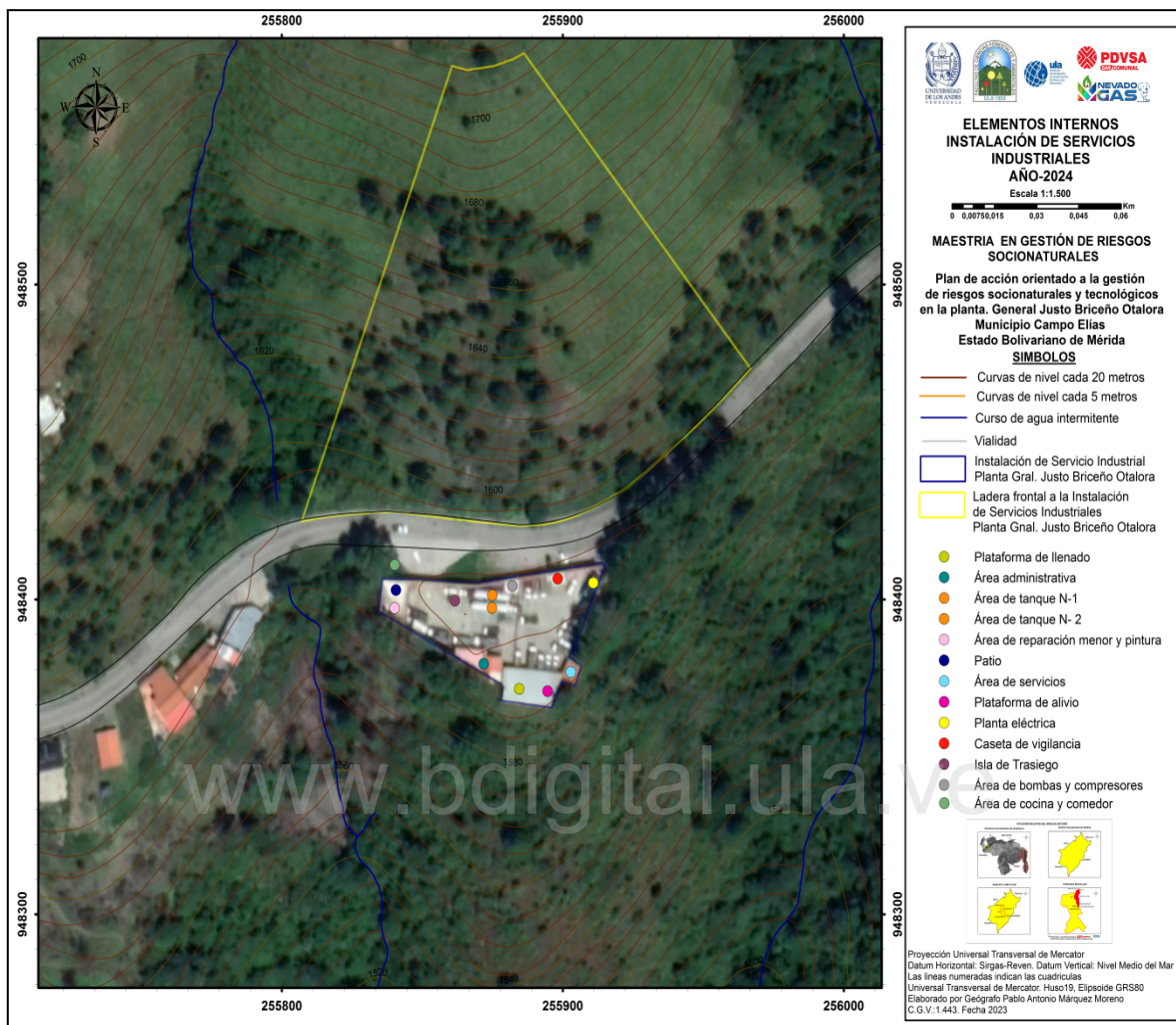
En función de su capacidad instalada según la resolución 704, la PGJJBO se corresponde a un establecimiento Planta Tipo 1: capacidad instalada de almacenamiento del producto GLP ($97,64 \text{ m}^3$) menor a $113,55 \text{ m}^3$. Aparece descrita en el apartado de clasificación de plantas de llenado según su capacidad de almacenamiento. La Fotografía 25 muestra la capacidad instalada de almacenamiento del producto GLP en la PGJJBO. (Tanques de almacenamiento, N° 1 y N° 2 con una capacidad efectiva de almacenamiento de 12.897 Gal. equivalentes a $48,82 \text{ m}^3 \text{ c/u}$).



Fotografía 25. Capacidad instalada de almacenamiento del producto GLP en planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora". Tanques de almacenamiento N° 1 y N° 2 con una capacidad efectiva de almacenamiento de 12.897 gal. ó 48, 82 m³ c/u).

6.7 Descripción de los elementos internos presentes en la instalación de servicios industriales planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora"

Con el fin de complementar el apartado anterior referido a la clasificación de la instalación de servicios industriales PGJBO, presentamos el Mapa 15, en el que muestra la ubicación espacial de los elementos internos localizados en la instalación de servicios industriales en la actualidad. Posteriormente, describiremos cada uno de estos elementos.



Mapa 15. Elementos internos localizados en la instalación de servicios industriales planta Gral "Jose Justo Briceño Otalora".

Plataforma de llenado: Es el área de la planta donde se llenan los cilindros con GLP a través de unos dispositivos llamados romanas o balanzas. La plataforma debe tener una altura de 1,20 metros para la mayor comodidad de los vehículos que llegan a descargar los cilindros vacíos y a cargar los llenos.

Área administrativa: Es el área donde se encuentran las oficinas administrativas de la planta para llevar los controles de la misma.

Área de tanques (N° 1 y N° 2): Es la región de la planta donde se acumula GLP en los tanques estacionarios de almacenamiento.

Área de reparaciones menores y pintura: Área reservada para la reparaciones menores de cilindros móviles de 10, 18, 27 y 43 Kg. pertenecientes al stock operativo de la planta y/o usuarios adscritos a la operadora, previo trasiego del producto almacenado. Las reparaciones pueden ir desde el cambio de válvula hasta impermeabilización del cuerpo inferior externo del cilindro y pintura externa.

Patio: Es la parte de la planta que está alrededor de la plataforma y los tanques de almacenamiento, en la que se agrupan cilindros de acuerdo a sus condiciones, tamaños y uso. Podemos encontrar los cilindros en patio clasificados de la siguiente manera:

PH vencido sin válvula.

PH vencido con válvula.

Desincorporados con válvula.

Desincorporados sin válvula.

En reparación con válvula.

En reparación sin válvula.

Aptos con válvula.

Aptos sin válvulas.

Área de servicios: área destinada para el aseo e higiene y demás servicios sanitarios del personal que cumple funciones directas en la planta.

Plataforma de alivio: Es el área de la planta donde los camiones descargan los cilindros que regresan llenos. Este procedimiento debe realizarse antes de ingresar a la plataforma de llenado a cargar la unidad.

Planta eléctrica: Es la encargada de proveer energía a la planta en caso de averías, o corte de la misma.

Caseta de vigilancia: lugar donde se lleva el control de todo lo que ingresa y egresa de la planta (material, activos fijos, vehículos, equipos, personal y visitantes). Aquí se encuentra el personal de vigilancia y el operador de PPI (Prevención, Protección e Investigación) encargados del resguardo de las instalaciones.

Isla de trasiego: Zona donde se hace la conexión mecánica para la descarga del tanque semi-remolque y la carga del camión tanque.

Área de bombas y compresores: En esta área se encuentra el compresor que permite la descarga del GLP contenido en los tanques semi-remolque, para ser depositado en los tanques de almacenamiento y las bombas que permiten que el GLP se transporte hacia la plataforma para el llenado de cilindros y a las islas de trasiego para el llenado de camiones tanques.

Área de cocina y comedor: área destinada a la preparación de alimentos y que permite prestar el servicio de comedor para los trabajadores dentro de la instalación de servicios industriales.

6.8 Criterios para la localización de establecimientos donde se almacenan y trasiegan gases licuados de petróleo de recipientes fijos o móviles a otros recipientes fijos móviles o portátiles

El artículo 17 de la Norma 704 (1960) indica lo siguiente:

Queda a juicio y al estricto control de las autoridades competentes la instalación de plantas de llenado en los sitios siguientes:

1° En zonas densamente pobladas.

2° En las zonas portuarias.

3° En las cercanías de lugares y edificaciones donde se concentran u ocurren grupos de personas.

El artículo 18 especifica que si una planta de llenado debidamente autorizada no cumple con la aplicación de planos reguladores, se “deberán tomar todas aquellas medidas de carácter técnico para que la planta reúna nuevamente las condiciones de seguridad establecidas. De no haber esa posibilidad deberá proceder a la remoción de la planta”.

Para el caso de la planta PGJJBO, el “plano regulador” al que se refiere la norma 704 se corresponde actualmente con el Plan de Ordenación Urbanística del Área Metropolitana de Mérida-Ejido-Tabay (POU, 2005). Según el POU, la PGJJBO se ubica en un “Área con Severas Restricciones de Uso (ARU-2)”, que “corresponde a espacios protectores del Área metropolitana, con fuertes restricciones geológicas, geomorfológico [sic], ecológicas e hidrológicas y elevadas pendientes, intervenidas o no, sujetas a una gran sensibilidad ambiental” (p.25). El POU ordena seguidamente que en “los espacios actualmente ocupados, que obedecen a las características arriba mencionadas, el estado deberá realizar un estudio de Habilitación Física a fin de que se tomen las acciones pertinentes”. Si lo observamos bajo la visión de la política orientada a la reducción del riesgo contemplada en la Ley Integral de Gestión de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos (LGIRST, 2009), esta **habilitación física** a la que se refiere el POU (2005) podría interpretarse como la obligación de ejercer esfuerzos para caracterizar y mitigar niveles de amenaza y riesgo en “toda edificación en la que funcionen dependencias o servicios públicos” (artículo 26, LGIRST, 2009). La planta PGBJO es una instalación de servicios industriales de carácter público. La caracterización que ordena la LGIRST encaja en la metodología aplicada en estudio, que buscó cercar los escenarios posibles de riesgo y determinar los niveles de vulnerabilidad que en la actualidad posee dicha instalación.

6.9 Características del Producto (GLP), almacenado y trasegado en la instalación de servicios industriales Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora" (sistema industrial).

En esta sección nos limitamos solo a ofrecer las características del producto almacenado y manipulado en la instalación de servicios industriales PGJJBO, los gases licuados de petróleo (GLP). La Resolución N° 125, del Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo, Capítulo I, Artículo 2 define el término de la siguiente manera:

Gases Licuados de Petróleo (GLP): Mezcla de hidrocarburos gaseosos a temperatura y presión ambiente, mantenida en estado líquido por aumento de presión y/o descenso de temperatura. Están compuestos principalmente por propano y butano y pueden contener, además, propileno y butileno.

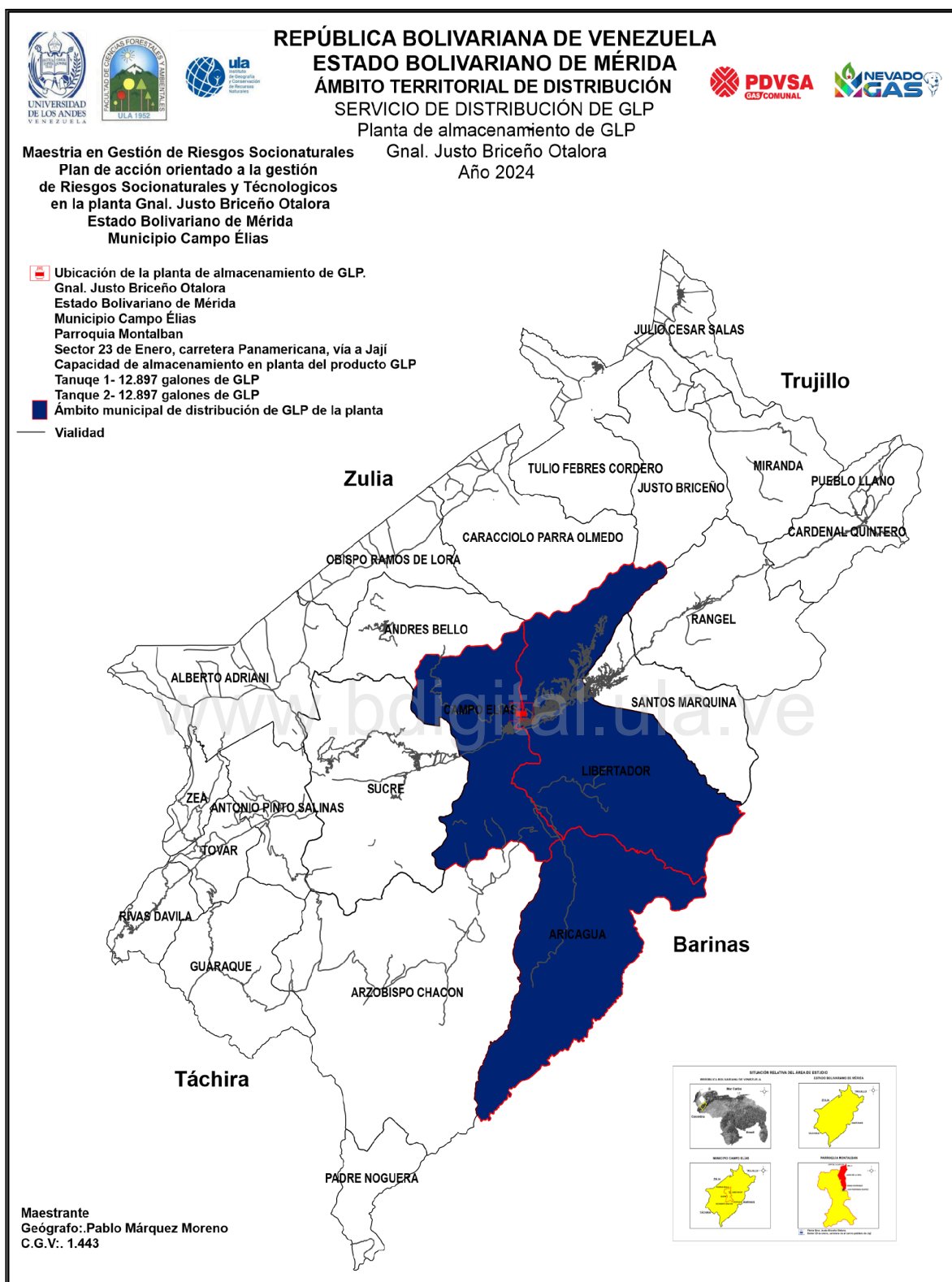
6.10. Identificación del territorio de la causalidad susceptible de recibir los efectos indirectos por la interrupción del servicio de distribución de GLP.

La identificación del territorio de la causalidad o ámbito territorial municipal susceptible de ser afectado por una posible interrupción en la continuidad de la prestación del servicio de distribución del producto GLP a usuarios finales de 10, 18, 27 y 43 Kg y gas a granel se sustenta en función de los procesos y actividades especializadas que en la actualidad se desarrollan en la PGJJBO, así como también en función del ámbito territorial de distribución adscrito a esta instalación de servicios industriales para el periodo comprendido entre los años 2021-2024.

Así pues, identificamos el ámbito territorial municipal de distribución de GLP adscrito a la instalación de servicios industriales PGJJBO. En el Mapa 16 (página siguiente) se observa que los municipios Libertador, Campo Elías y Aricagua del estado Bolivariano de Mérida son los municipios que en la actualidad dependen operativamente del suministro de GLP, a través de la distribución de cilindros móviles de 10, 18, 27 y 43 Kg. Posteriormente, identificamos la vulnerabilidad social del factor *exposición del servicio de GLP* o territorio de la causalidad. Esta vulnerabilidad se sustenta sobre el porcentaje de usuarios finales de

cilindros móviles que dependen directamente de la operatividad de la planta y que pudiesen verse afectados ante una eventual interrupción de las operaciones de almacenamiento, envasado y distribución.

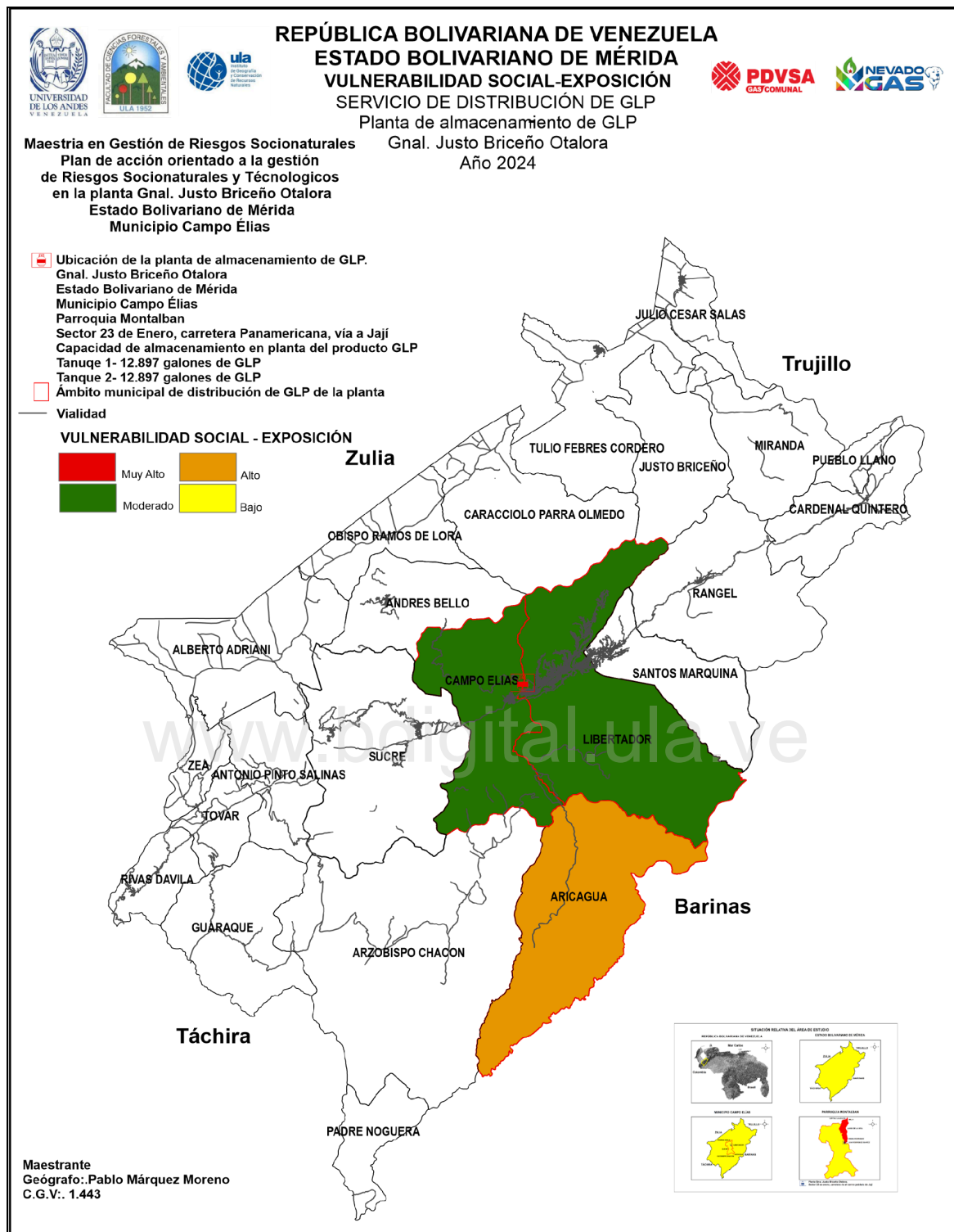
www.bdigital.ula.ve



Mapa 16. Servicio de distribución de GLP adscrito a la instalación de servicios industriales Planta “Gral. Jose Justo Briceño Otalora”.

En el Mapa 17 (página siguiente) se identifica el ámbito territorial municipal de distribución según la cantidad de usuarios vulnerables a la pérdida de prestación de servicio de distribución de GLP (territorio de la causalidad). En él se puede identificar los diferentes niveles de vulnerabilidad a saber: **muy alto, alto, moderado y bajo**. El nivel **muy alto** se corresponde con un porcentaje de usuarios dependiente de la distribución de las operaciones de la planta Nevado gas $> 75\%$; el nivel **alto** se corresponde con un porcentaje de usuarios que se encuentra en el rango ≥ 50 y $\leq 75\%$; el nivel **moderado** se corresponde con un porcentaje de usuarios que se encuentra en el rango ≥ 25 y $< 50\%$; Y el nivel **bajo** se corresponde con un porcentaje de usuarios que se encuentra en el rango $< 25\%$.

Estos rangos identifican el porcentaje de usuarios susceptibles de ser afectados por la interrupción en la continuidad del servicio de distribución de GLP, como resultado de una eventual paralización de la operaciones y actividades rutinarias por un posible accidente tecnológico desencadenado por un evento físico natural (evento Natech). Es importante resaltar que las estimaciones del porcentaje de usuarios finales susceptibles de ser afectados en la distribución del producto GLP y que están anclados a las operaciones y actividades desarrolladas en la instalación de servicios industriales PGJJBO se obtuvieron de los datos arrojados por los censos suministrados por la organización social CLAP (Comité Local de Abastecimiento y Producción) para el año 2023-2024 y que se maneja en el estado Mayor del Gas. Esta información nos permitió estimar el porcentaje de usuarios que pudieran ver interrumpido el servicio de distribución de GLP al momento de la ocurrencia de un desastre en la planta GJJBO. Se tomó como referencia la cuota de participación de la operadora Nevado Gas S.A en relación con resto de las operadoras presentes en el ámbito territorial identificado anteriormente.



Mapa 17. Ámbito territorial municipal de distribución según los diferentes niveles vulnerabilidad Social – exposición del servicio de distribución de GLP.

Con respecto al porcentaje de participación de la operadora Nevado Gas S.A con respecto a otras operadoras, se indica que el porcentaje de usuarios finales de los municipios Libertador y Campo Elías beneficiados directamente de la PGJJBO se sitúa aproximadamente entre 25% y 50% de participación. El porcentaje restante de participación se distribuye entre las operadoras BusGas, ArsuGas, Vigía Gas, Araujo Gas, Mattera Gas, Mérida Gas, Comercial Villasmil y Tico Gas.

Este porcentaje o cuota de participación en la distribución del producto GLP en cilindros móviles que depende de la PGBJJO cambia significativamente en lo que corresponde al ámbito municipal de distribución adscrito al municipio Aricagua del estado Bolivariano de Mérida, el cual se estima que ronda entre un 50 % y 75%. Estas diferencias en los porcentajes de participación de la operadora Nevado Gas con respecto al resto de las operadoras en el municipio Aricagua del estado Bolivariano de Mérida se explican por las condiciones logísticas de comercialización que implica asumir la distribución del producto GLP en cilindros móviles de 10, 18, 27 y 43 Kg. En primer lugar, se trata de un área con severas limitaciones en su vías de comunicación, situación que encarece los costos operativos y, por ende, aumenta significativamente el precio final en la comercialización del producto. En segundo lugar, los sectores y las aldeas del municipio generan una demanda menor en los volúmenes del producto, si se le compara con las zonas urbanas donde las operadoras privadas se aseguran la comercialización de grandes volúmenes del producto en espacios urbanos densamente poblados y con vías de acceso adecuadas para la prestación del servicio de distribución de GLP a usuarios finales.

6.11 Evaluación de posibles escenarios de riesgo de desastres socionaturales y tecnológicos - Riesgo Natech en la planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

En esta sección se retoman las tres metodologías utilizadas en el presente estudio de caso: (1) método de Degraff y Romesburg (1998, en Ayala *et al.*, 2015) para delimitar las diferentes áreas según el nivel de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa del tipo desprendimiento de rocas; (2) el método propuesto por Cardoso *et al.* (2013) para el cálculo de la distancia de recorrido de materiales susceptibles de ser afectados por inestabilidades de la ladera (desprendimiento de rocas); y (3) la encuesta escrita (cuestionario autoadministrado), cuyos resultados nos permitió estimar la vulnerabilidad educativa – cultural del factor **resiliencia** del personal que cumple labores directas en la instalación de servicios industriales PGJJBO.

A partir de los resultados obtenidos, se identifica y evalúa el componente referido a los posibles escenarios de riesgo de desastre Natech que a la fecha presenta la instalación de servicios industriales PGJB. Para ello, se identifica y explica el posible nivel de riesgo de desastre que en la actualidad presenta la instalación de servicios industriales. Posteriormente, se evalúan las posibilidades de ocurrencia de un escenario de desastre Natech y las posibles consecuencias que se derivarían de la ocurrencia de este tipo de eventos.

Una vez evaluados los factores que permitieron obtener y establecer el posible nivel de riesgo de desastre al que a la fecha se presenta en la instalación de servicios industriales, se observa que el nivel de riesgos de desastre Natech, al que está expuesta la planta identificada es **muy alto** debido a las siguientes razones:

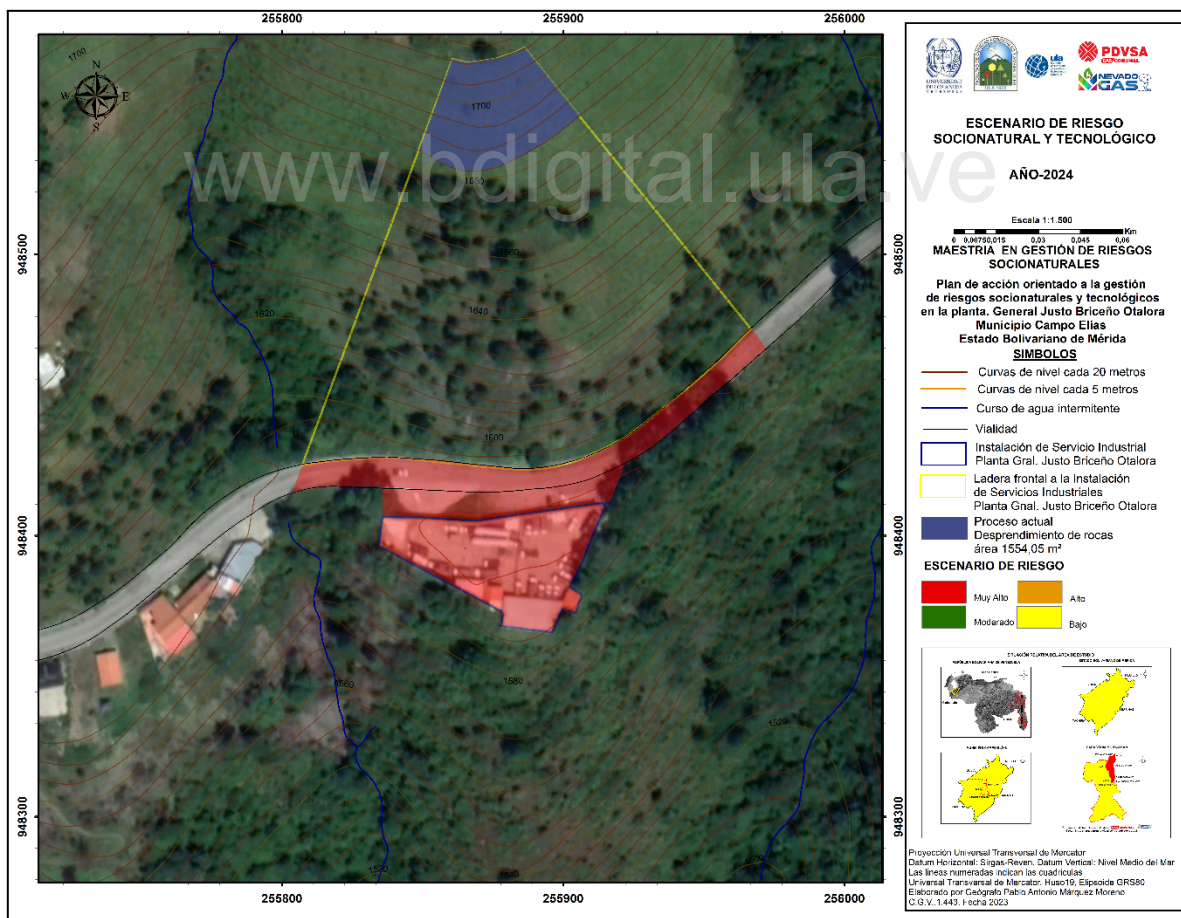
- ❖ La susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa y/o movimientos de ladera del tipo *desprendimiento de roca*, originados en la ladera frontal a la PGJJBO, es **muy alto**.

- ❖ El recorrido y orientación que seguiría el material susceptible de ser desplazado y/o desprendido de la ladera frontal hacia la instalación de servicios industriales se encuentra en dirección y/o curso del elemento expuesto PGJJBO.
- ❖ La distancia de recorrido efectiva del material susceptible de ser afectado por la inestabilidad (*desprendimientos de rocas*) se encuentra entre 26,91 y 36,81m, distancia de recorrido suficiente para impactar los elementos expuestos: muro perimetral de la PGJJBO y los dos tanques de almacenamiento que contienen el producto GLP de 12.897gal c/u).
- ❖ La vulnerabilidad educativa - cultural (factor **resiliencia**) del personal que cumple actividades directas en la instalación de servicios industriales es **muy alta** por las siguientes consideraciones:
 - Más del 75% del personal no identifica en su totalidad los peligros y/o eventos internos y externos (amenazas) que hacen vulnerables al personal, a los elementos y procesos desarrollados a lo interno de la planta.
 - Más del 50% del personal no ha participado en actividades de formación para detectar, diagnosticar, caracterizar y evaluar posibles escenarios de riesgo de desastre socionatural, tecnológico y/o evento Natech.
 - Más del 75% del personal desconoce si la instalación de servicios industriales posee un plan especial orientado a disminuir los niveles de riesgo de desastres identificados.
 - Más del 75% del personal no ha participado activamente en actividades orientadas a disminuir los niveles de vulnerabilidad identificadas en y los alrededores de la planta.
 - Institucionalmente no se han abordado medidas estructurales orientadas a la reducción de las amenazas identificadas mediante la implementación de medidas correctivas estructurales (obras civiles) para controlar la inestabilidad del macizo rocoso y/o actuar sobre el proceso geodinámico activo movimiento de ladera, o para proteger los elementos expuestos de

las posibles consecuencias de la ocurrencia del proceso geodinámico movimiento de ladera a fin de reducir la exposición a la amenaza.

- Un porcentaje superior al 75% del personal no ha sido formado ni preparado en protocolos de acción y atención en caso de presentarse eventos físico naturales y/o accidentes tecnológicos detonadores de eventos Natech dentro y en los alrededores de la instalación de servicios industriales.

A continuación se muestra el Mapa 18. Allí se observa que el posible escenario de riesgo socionatural y tecnológico (riesgo Natech) que a la fecha presenta el elemento expuesto instalación de servicio industriales, su personal, los elementos y los procesos desarrollados a los interno es **muy alto**.



Mapa 18. Posible escenario de riesgo socionatural y tecnológico (riesgo Natech) que en la actualidad presenta la instalación de servicios industriales.

Como complemento, se presenta la Tabla 28, la cual muestra los resultados de una segunda evaluación realizada para un posible escenario riesgo de desastre Natech que afectaría a la instalación de servicios industriales, al personal, los elementos y los procesos anteriormente identificados. Esta evaluación fue posible mediante la implementación de una matriz de doble entrada. En la misma se identifica en el eje de las ordenadas (eje Y) la probabilidad de que ocurra el fenómeno físico natural, movimiento de ladera del tipo *desprendimiento de roca*, y que las rocas desprendidas y desplazadas impacten el elemento expuesto (instalación de servicios industriales), generando con ello una pérdida de contención del producto GLP, lo que daría paso a la ocurrencia de un accidente tecnológico o evento Natech. En el eje de las abscisas (eje X), se consideró y evaluó el impacto y las consecuencias que generarían la ocurrencia de dicho evento Natech. Este impacto y las consecuencias se evaluaron en función de los productos involucrados y de los volúmenes presentes en la instalación de servicios industriales.

Tabla 28. Matriz de evaluación del riesgo de desastre de la planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

Probabilidad	Constante					
	Moderado					
	Ocasional					
	Posible					X
	Improbable					
		Insignificante	Menor	Crítica	Mayor	Catastrófico
		Impacto				

En consecuencia, un posible escenario de riesgo de desastre Natech en la instalación de servicio industrial PGJJBO es **alto**, por las siguientes razones:

1. En lo referente a la probabilidad y/o posibilidad de que el evento físico natural, movimiento de ladera del tipo *desprendimiento de roca* se produzca en la ladera frontal a la PGJJBO, este se considera **posible** de suceder, bien como caídas de rocas y/o avalanchas de roca por las siguientes consideraciones:

- a. El nivel y/o condiciones de susceptibilidad a la ocurrencia del proceso geodinámico *desprendimiento de rocas* en la mayor parte de la ladera es **alto y muy alto**.
 - b. En el área con susceptibilidad a la ocurrencia del proceso geodinámico *desprendimiento de roca* **muy alto** es donde se localizan las rocas de metabrechas individualizadas y desprendidas de la matriz de la roca principal, en nichos de salida y/o enterradas en un perfil de meteorización aún *in situ*.
 - c. El área de estudio No. 2 se encuentra en una zona sísmicamente activa - nivel cinco-, que exhibe un riesgo sísmico alto con presencia de fallas (principales y secundarias) con características sismogénicas donde pudieran presentarse sismos $\geq 7^{\circ}$ de magnitud Richter y suficientes para provocar caídas de rocas y/o avalanchas de roca, según Keefer (1984, en Suárez, 1998).
2. En cuanto al impacto y/o consecuencia de la ocurrencia de un evento físico natural detonador de un evento Tecnológico (evento Natech) en el territorio de impacto (planta), este se considera que sería **de magnitudes considerables**, como resultado de las siguientes consideraciones:
- a. El material susceptible de ser desplazado se encuentra en dirección y orientación de colisión a los dos tanques de acopio de 12.897gal c/u que almacenan el producto GLP.
 - b. El material susceptible de ser desplazado podría alcanzar una distancia de recorrido efectiva y suficiente para impactar al elemento expuesto: los dos tanques estacionarios de almacenamiento de GLP.
 - c. El producto químico contenido en los tanques de almacenamiento 12.897gal c/u es altamente volátil e inflamable con un alto poder calórico.
 - d. En el territorio de impacto coinciden unidades de distribución y subdistribución de flota primaria y secundaria que transitan y pernoctan en actividades de carga y descarga del producto GLP, las cuales contienen y almacenan hidrocarburos líquidos inflamables de alta volatilidad (gasolina

y diésel), los cuales favorecerían la ocurrencia de eventos de escalamiento o cascada.

6.12 Escenarios que permitirán demostrar los posibles daños causados por la ocurrencia de eventos Natech.

A continuación se exponen dos posibles escenarios que permitirán demostrar los posibles daños y/o las posibles consecuencias que desencadenaría la ocurrencia de un eventual evento Natech en la instalación de servicios industriales. Esta demostración tiene como objetivo principal concientizar sobre los efectos directos que ocasionaría un accidente tecnológico desencadenado por un flujo de peligro de origen natural (Evento Natech) en la instalación de servicios industriales PGJJBO, debido al impacto de material desplazado (rocas de metabrechas de la formación Sabaneta) contra elementos internos (camiones cisterna de flota primaria y tanques de almacenamiento de GLP) localizados en los espacios de la instalación de servicios industriales. El segundo objetivo que intencionalmente se busca con el desarrollo de estos casos hipotéticos es sensibilizar a los responsables institucionales de las posibles consecuencias a las que estarían expuestos la infraestructura física (instalación industrial), el personal, los elementos, los procesos y la prosecución en la continuidad en la prestación del servicio de primera necesidad distribución de GLP (línea vital). Esto como consecuencia de los posibles daños directos e indirectos que se podrían suceder de no emprender acciones (Planes Especiales de Reducción de Riesgos) que orienten sus iniciativas a (1) educar y formar al personal que cumple labores directas en planta para disminuir los niveles de vulnerabilidad identificados en el presente estudio de caso. y (2) evitar la exposición de los elementos expuestos a través de la construcción de obras civiles y/o medidas estructurales correctivas, bien sea para mitigar el proceso geodinámico *desprendimiento de roca* o para proteger los elementos expuestos al proceso geodinámico.

Estos escenarios se caracterizan en su contexto general por la ocurrencia de dos accidentes tecnológicos: el primero de ellos corresponde a un escenario de *fuga* de GLP desde una unidad semi remolque, mientras que el segundo se corresponde con una

explosión por expansión del vapor del Líquido GLP en ebullición (BLEVE) de tanque de almacenamiento N°1. En ambos casos, se trata de accidentes desencadenados por el impacto de material rocoso (flujo de peligro de origen natural), proveniente de la ladera frontal a la PGJJBO.

6.12.1 Características generales del contexto geográfico, del producto y recipiente involucrados en el accidente tecnológico.

A continuación se caracterizan las condiciones geográficas en que se desarrollarían los evento:

1. Localización del sitio del siniestro: República Bolivariana de Venezuela, estado Bolivariano de Mérida, municipio Campo Elías, parroquia Montalbán, sector 23 de enero.
2. Locación geografía de la instalación industrial: 8°34'24" N y 71°13'04" O; Altitud 1.590 msnm.
3. Tercero, infraestructura física involucrada: Instalación de servicios industriales que orienta sus servicios industriales al almacenamiento y envasado de GLP PGJJBO.
4. Condiciones meteorológicas presentes en el área para el día de la ocurrencia del evento: velocidad del viento: 15 km/h: dirección del viento: este: temperatura: 22°C: Humedad relativa: 50%; cobertura de nubes: poco cubierto (Datos extraídos del archivo meteorológico del punto de referencia más cercano, Estación Meteorológica del Aeropuerto Alberto Carnevalli, de la ciudad de Mérida).
5. Condiciones del sitio de emplazamiento de la instalación industrial: Bosque.

6.12.2 Características del producto y recipiente involucrados en el accidente tecnológico.

1. Producto involucrado: Propano (C_3H_8).
2. Características del contenedor (industrial) involucrado en el accidente tecnológico: tanque de almacenamiento de GLP de 10,36 metros de largo por 3,9 metros de diámetro - cilíndrico horizontal elaborado en acero, con capacidad de almacenar 12.897,43 gal de GLP (=capacidad máxima de almacenamiento).

3. Volumen del producto (GLP) involucrado al momento del accidente tecnológico:
39.302 litros del producto GLP.

Estas características del producto fueron introducidas en el programa ALOHA para calcular el caudal de fuga (primer escenario) y el BLEVE (segundo escenario) y así obtener el área de afectación de ambos eventos Natech (Mapas 20 y 21).

6.12.3 Condiciones de sitio en las que se produce el proceso geomorfológico (*desprendimiento de roca*)

1. Área de despegue del material desplazado: segmento superior de la ladera frontal a la instalación de servicios industriales a una cota de 1.680 msnm.
2. Altura del área del (potencial) despegue del material: 90 metros.
3. Pendiente en el punto de despegue: 60°.
4. Distancia de recorrido desde el punto de despegue al pie de la ladera: 102 metros.
5. Distancia efectiva de recorrido del material desplazado desde el pie de la ladera hasta el punto final o sitio de impacto: primer escenario 36,81 metros y 26,91 metros segundo escenario.
6. Características del tipo de desplazamiento más probable: rodando y/o rebotando.

Estas condiciones de sitio fueron calculadas para determinar la distancia efectiva de recorrido del material desplazado.

6.13. Primer posible escenario de desastre Natech

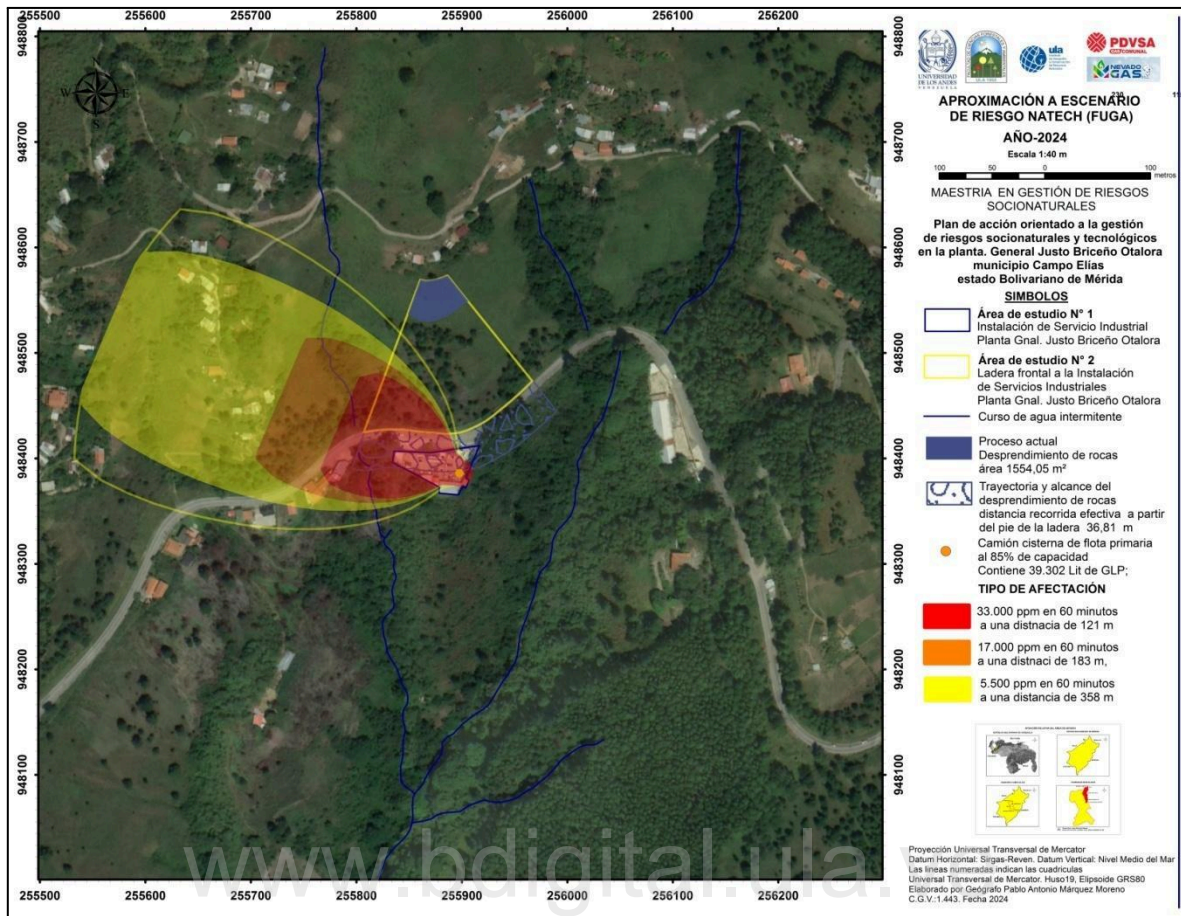
Se produce la colisión entre una roca de metabrecha desprendida de la ladera frontal a la instalación de servicios industriales y la parte posterior del recipiente móvil de unidad semi-remolque de flota primaria cargado con 39.302 litros del producto GLP. La unidad se encuentra estacionada en el área de patio de la planta en espera de ser trasegado el producto GLP en los tanques estacionarios de almacenamiento. Este flujo de peligro de origen natural genera una ruptura de 10 cm del recipiente móvil, lo que da paso a un accidente tecnológico del tipo *fuga*, debido a la liberación inesperada del producto almacenado en el recipiente hermético.

La Fotografía 26 muestra el recipiente móvil de la unidad semi remolque de flota primaria en los espacios físicos de la instalación de servicios industriales PGJJBO. El punto rojo identifica el área de potencial colisión del material desplazado (roca de metabrecha de la formación Sabaneta). La Fotografía 26 muestra, además, que para el momento de la toma de la foto, hay otras cinco unidades de semi remolque dentro de la instalación industrial.



Fotografía 26. Espacios internos de la instalación de servicios industriales planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora". (El punto rojo en la parte posterior de la recipiente móvil de la unidad semi remolque de flota primaria, representa el área de potencial impacto del material desplazado).

A continuación analizamos las consecuencias directas (daños) derivadas de la liberación súbita (*fuga*) de 39.302 litros del producto GLP, luego del impacto del material desplazado. El mapa 19 exhibe el posible escenario de riesgo Natech (*fuga*).



Mapa 19. Posible escenario de riesgo Natech (Fuga).

A continuación se describen los elementos del mapa:

1. Zona 1 (color rojo): Liberación de nube de vapor del producto GLP, a una distancia de 121 metros en 60 minutos con presencia 33.000 ppm, lo que produciría disminución del estado de conciencia, mareos y latidos cardíacos irregulares (acelerados) en los trabajadores y personas presentes en el área .
2. Zona 2 (color naranja): Liberación de nube de vapor a una distancia de 183 metros en 60 minutos con presencia 17.000 ppm del producto GLP, lo que produciría mareos y latidos cardíacos irregulares (acelerados) en las personas presentes en el área.

3. Zona 3 (color amarillo): Liberación de una nube de vapor a una distancia de 358 metros en 60 minutos con presencia 5.500 ppm del producto GLP, lo que produciría mareos en los trabajadores y personas presentes en el área.

6.14 Segundo posible escenario de desastre Natech.

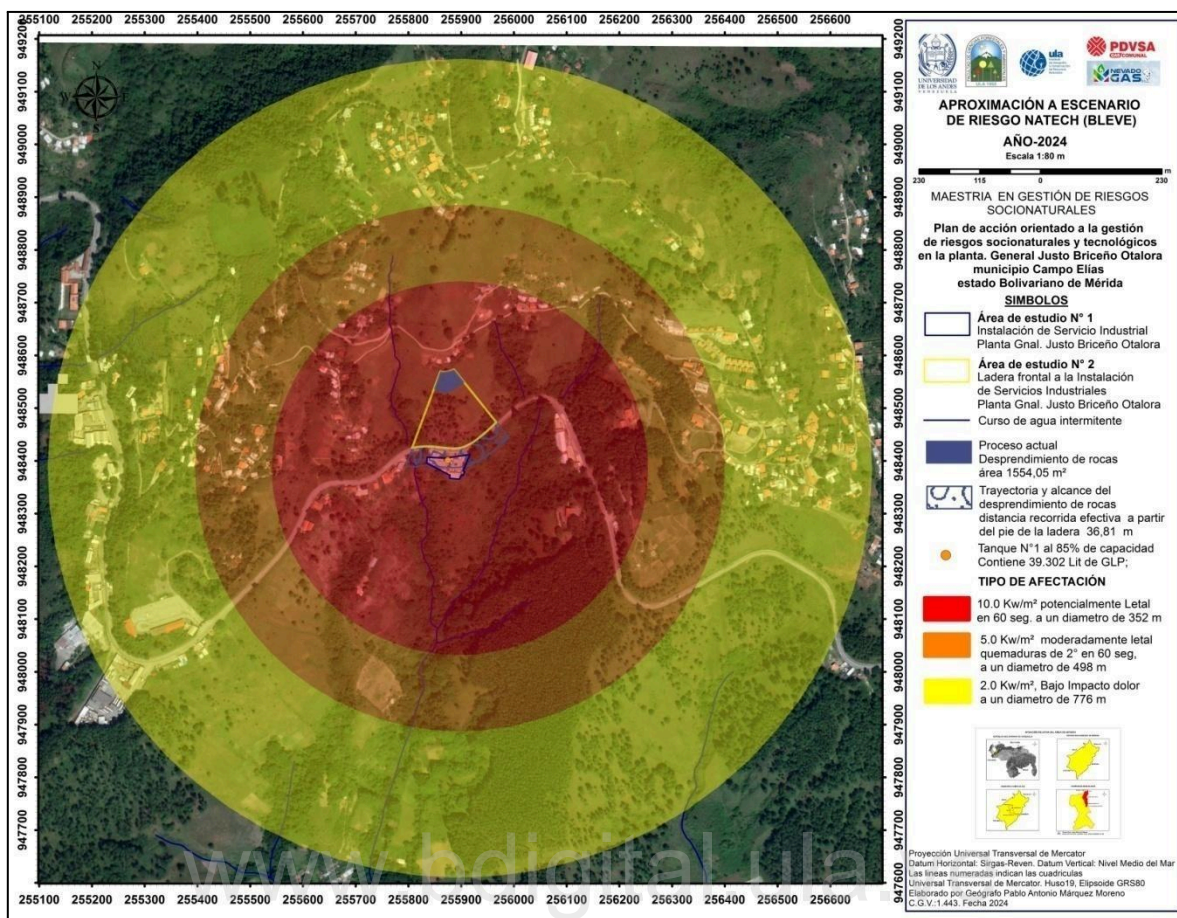
Se produce la colisión entre el material desplazado de la ladera frontal a la instalación industrial (roca de metabrechas) y el lateral derecho del tanque de almacenamiento N°1, el cual contiene 39.302 litros del producto GLP. Este impacto (flujo de peligro de origen natural) genera en el cuerpo del tanque una ruptura de 10 cm, lo que da paso a una fuga imprevista del producto GLP que se encuentra herméticamente confinado en el tanque. Dicha liberación repentina trae como consecuencia cambios en los valores internos del producto (presión y/o temperatura), lo cual hace que comience a hervir, generando con ello aumento en la presión y posterior accidente tecnológico del tipo BLEVE.

La Fotografía 26a muestra el tanque de almacenamiento N°1, localizado en espacios físicos (áreas de tanques) de la instalación de servicios industriales planta Gral . "Jose Justo Briceño Otalora". El punto rojo identifica el área de colisión del material desplazado (roca-metabrecha de la formación sabaneta). Además, dentro de la instalación se observan seis unidades semi remolque (flota primaria).



Fotografía 26a. Espacios internos de la instalación de servicios industriales planta "Gral. Justo Briceño Ojalora". (El punto rojo en la parte lateral del tanque (N°1) de almacenamiento de GLP, representa el área de impacto del material desprendido).

A continuación analizamos las consecuencias directas (daños) derivadas de una explosión de vapor en expansión de 39.302 litros del producto GLP en estado líquido hirviendo (BLEVE), como producto del impacto del material desplazado contra uno de los laterales del tanque N°1 de almacenamiento (Mapa 20).



Mapa 20. Aproximación a escenario de riesgo Natech (BLEVE).

A continuación se analizan las consecuencias (daños directos) derivadas del accidente tecnológico de tipo explosión de vapor en expansión del producto GLP en estado líquido hirviendo (BLEVE), de 39.302 litros del producto GLP en la infraestructura física instalación de servicios industriales planta "Gral. Jose Justo Briceño Ojalora" y sus alrededores.

El impacto del material desplazado (rocas-metabrecha) de la ladera frontal a la instalación industrial contra el tanque de almacenamiento N°1, con 39.302 litros del producto GLP, genera una BLEVE, el cual se expresa concretamente como una bola de fuego y/o una piscina de fuego. Este accidente tecnológico emite una radiación térmica por la onda expansiva repentina, producto de la súbita sobrepresión liberada, lo que sobrelleva a la expulsión de fragmentos metálicos del tanque, con las subsiguientes consecuencias:

1. Zona 1 (color rojo): En esta zona, la radiación liberada equivaldría a 10.0 Kw/m^2 en 60 segundos (zona de mayor daño). Afectaría un diámetro de 352 metros por la radiación térmica liberada, producto de la onda expansiva de la sobrepresión liberada y/o la proyección de fragmentos metálicos expelidos que pudieran generar daños potencialmente mortales en humanos. Se producirían quemaduras de tercer grado en las personas, así como también disminución del estado de conciencia, pérdida del conocimiento, vómitos, náuseas, aumento de la frecuencia respiratoria (Gutierrez, 2020).
2. Zona 2 (color naranja): En esta zona, la radiación térmica liberada equivaldría a 5.0 Kw/m^2 en 60 segundos, y cubriría un diámetro de 498 metros. Las consecuencias en humanos serían quemaduras de segundo grado en las personas, como producto de la radiación térmica liberada, lo que generaría consecuencias consideradas moderadamente letales. Se producirían también mareos y latidos cardíacos irregulares (acelerados), como consecuencia de los efectos tóxicos del producto (GLP) liberado.
3. Zona 3 (color amarillo)_ En esta zona la radiación térmica liberada equivaldría a 2.0 Kw/m^2 en 60 segundos, sentida en un diámetro de 776 metros. Las consecuencias en humanos serían consideradas como de bajo impacto.

6.15. Análisis de las condiciones generadoras de un posible evento o accidente de escalamiento en la instalación de servicios industriales Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora" (sistema industrial).

A continuación se ejemplifican dos posibles escenarios relacionados con la ocurrencia de un accidente tecnológico de escalamiento (eventos secundarios), sobrevenidos a partir de los daños colaterales derivados del accidente tecnológico del tipo *fuga* (primer escenario) y BLEVE (segundo escenario).

Primer escenario: relacionado con la ocurrencia de un accidente tecnológico de escalamiento.

Este primer escenario parte de los efectos directos del accidente tecnológico del tipo *fuga* de 39.302 litros del producto GLP (evento Natech) ocurrido en los espacios físicos de la instalación de servicios industriales PGJJBO. Dicho accidente tecnológico originaría una atmósfera de 33.000 ppm del producto GLP (Mapa 26, zona de impacto N°1 -color rojo-) durante 60 minutos y en los espacios físicos que ocupa la instalación de servicios industriales, lo que tendría como consecuencia que un producto altamente volátil e inflamable (GLP), interactúe con unidades automotores que emplean motores de combustión interna (flota primaria y secundaria). La interacción entre los productos GLP y los combustibles líquidos diésel y gasolina (ambos carburantes inflamables) podría generar, por consiguiente, un escenario de accidente tecnológico de escalamiento (*incendio*), ya que se estaría en presencia de los tres componentes necesarios para que produzca fuego o combustión: (1) presencia de sustancias volátiles e inflamables (GLP, gasolina y diésel), (2) oxígeno y (3) calor proveniente de motores de combustión interna en funcionamiento.

Segundo escenario: Posible evento de escalamiento en los espacios ocupados por la instalación de servicios industriales a partir del accidente tecnológico del tipo BLEVE.

Este segundo escenario es más desalentador, ya que en la instalación de servicios industriales PGJJBO y sus alrededores en un radio de 352 metros (Mapa 27), se experimentaría primero, una radiación térmica equivalente a 10.0 Kw/m² casi simultáneamente luego de la onda expansiva de la sobrepresión liberada. Se produciría la voladura de fragmentos metálicos del tanque N° 1, los cuales pudieran generar daños potencialmente mortales en humanos y la perforación de los elementos contiguos (tanque N° 2, cilindros móviles contenedores de GLP de 10/18/27/43 Kg, tanques contenedores de combustible de las unidades de flota primaria y/o secundaria). Ello produciría liberación de las sustancias peligrosas confinadas. La interacción del calor transportado por las ondas electromagnéticas, producto de radiación térmica liberada del accidente tecnológico (BLEVE) junto con las sustancias inflamables (diésel y gasolina) presentes en las unidades

vehiculares de flota primaria y secundaria (Fotografía 27) produciría un accidente de escalamiento o simultáneos accidentes tecnológicos secundarios. Este contexto crearía las condiciones para un posible incidente de escalamiento (incendio) de grandes proporciones, ya que los procesos y actividades mencionadas anteriormente se encuentran confinados a un área de 2.125 m² (Fotografía 27).

Por las razones antes expuestas es que es muy probable que al momento de un evento perturbador (impacto de rocas) contra algunos de los elementos o bienes expuestos identificados se pudiera generar una pérdida de contención de alguna de las sustancias peligrosas anteriormente identificadas, lo que generaría una sinergia entre los productos inflamables desencadenando con ello un efecto cascada con múltiples incidentes de escalamiento.

6.16 Identificación de las opciones y/o medidas orientadas para prevenir y/o mitigar escenarios de riesgos de desastres en la instalación de servicios industriales Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora" (sistema industrial).

Propuesta de medidas preventivas orientadas a actuar sobre el proceso geodinámico.

En este apartado se proponen tres medidas preventivas para mitigar o reducir efectos adversos provenientes del movimiento de ladera. La primera es la **barrera dinámica-malla de triple torsión**, la segunda es la **barrera dinámica de interceptación y absorción de impactos** y la última, subdividida en tres, es la del **muro de contención con contrafuerte** que bien puede ubicarse en la parte intermedia o baja de la ladera, en la parte frontal al muro perimetral de la instalación industrial PGJJBO. Debemos indicar que estas medidas no son las primeras que proponemos derivadas de la investigación sobre escenarios de riesgos de desastres en la instalación industrial. En el año 2022, el proyecto del curso “Formulación y gestión de proyectos de gestión de riesgos”, impartido por el Dr. Alejandro Liñayo, culminó en la propuesta “Proyecto Suministro e Instalación de Sistema de Protección contra caída de rocas” (Ver Anexo No. 1). Este proyecto fue consignado en su

momento para su consideración por parte de las autoridades de la empresa Nevado Gas S.A.

6.16.1 Primera medida

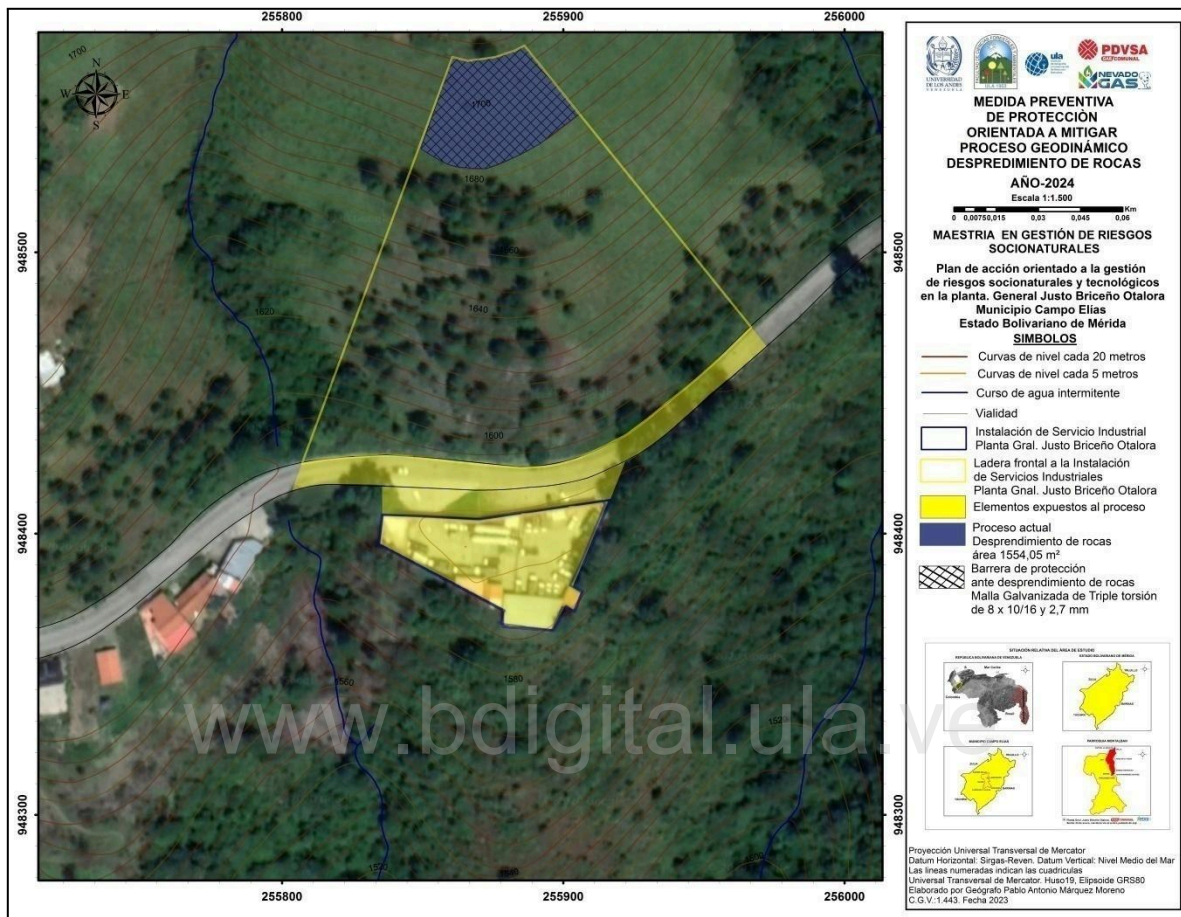
La primera medida propuesta orientada a mitigar y/o reducir los posibles efectos adversos y directos del proceso geodinámico movimiento de ladera del tipo *desprendimiento de roca*, que amenazan a la instalación de servicios industriales PGJBO, su personal, los elementos, los procesos y la continuidad en la prestación del servicio de distribución de GLP, es la **Barrera dinámica-malla de triple torsión**, cuyo propósito es actuar sobre el proceso geodinámico presente en un área de 1.554.05 m².

Esta medida tiene dos propósitos:

1. Controlar la inestabilidad del afloramiento del macizo rocoso ubicado en la parte superior de la ladera frontal a la instalación industrial (protección activa), por el adosado de los bloques de metabrechas expuestos en superficie y desprendidos de la matriz del macizo rocosa principal y/o en nichos de salida. Este control tiene como fin evitar el desprendimiento de las rocas, consiguiendo así la estabilidad del proceso geodinámico.
2. Permitir encauzar los bloques desprendidos de metabrechas a lo largo del tendido de la malla (ladera abajo), con el fin de disminuir la velocidad adquirida durante el proceso de rodar y/o rebotar ladera abajo (energía cinética acumulada) y guiar su dirección hacia el sitio de deposición, ubicado en la parte intermedia de la ladera (berma), para su posterior tratamiento. Este tratamiento puede ser la fracturación de los bloques de metabrechas mediante la técnica de aplicación de calor directo

Una desventaja de esta medida es que la misma solo se limitaría a interceptar posibles desprendimientos de rocas dentro de un área reducida de la ladera (afloramiento del macizo rocoso), dejando desprovista de protección el resto del área de estudio (ladera frontal a la instalación de servicios industriales).

A continuación se presenta el Mapa 22, donde se puede identificar la medida preventiva de protección orientada a mitigar el proceso geodinámico *desprendimiento de rocas*.



Mapa 21. Medida preventiva (barrera dinámica-malla de triple torsión) de protección orientada a mitigar el proceso geodinámico desprendimiento de rocas.

6.16.2 Segunda medida

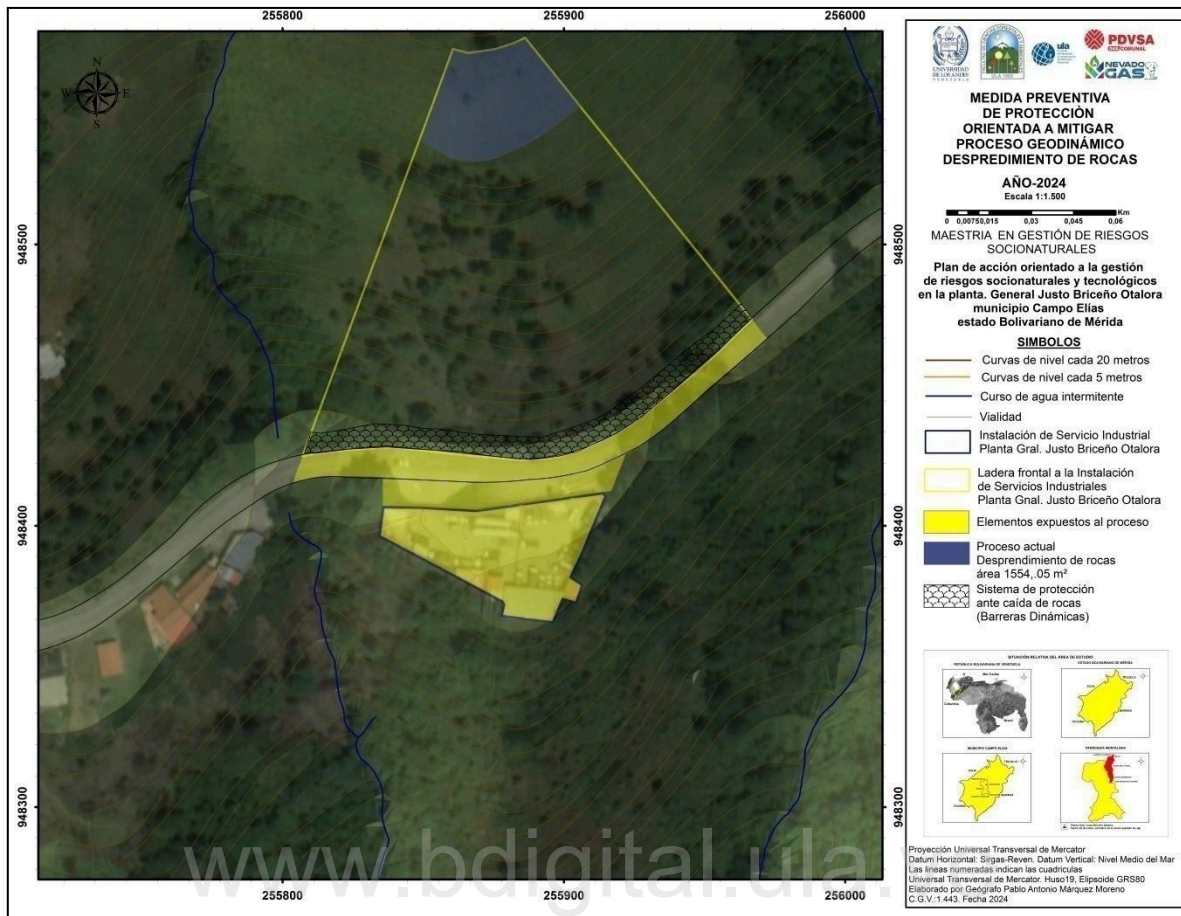
La segunda medida propuesta para mitigar y/o reducir los posibles efectos directos adversos producto de la ocurrencia del proceso geodinámico movimiento de la ladera del tipo *desprendimiento de roca*, consiste en la propuesta **barrera dinámica de interceptación y absorción de impactos**, cuyo propósito es proteger los elementos expuestos como consecuencia de la ocurrencia del proceso geodinámico identificado y caracterizado anteriormente.

Esta medida tiene, al igual que la primera, dos propósitos:

1. Interceptar las rocas de metabrechas, desprendidas de ladera frontal a la instalación de servicios industriales, para evitar y preservar la integridad de los elementos expuestos (vía de comunicación e infraestructura física de la PGJJBO), del impacto del material desplazado.
2. Acumular los bloques de metabrechas desprendidas de la ladera frontal a la instalación, para su posterior remoción

Esta medida se implementaría en la base de la ladera, área contigua a la calzada de la carretera y a lo largo de la franja inferior del área de estudio (176,26m), tal como se puede observar en el Mapa 22.

www.bdigital.ula.ve



Mapa 22. Medida preventiva (**barrera dinámica de interceptación y absorción de impactos**) de protección orientada a mitigar el proceso geodinámico desprendimiento de rocas.

6.16.3 Tercera medida

La tercera medida propuesta para mitigar y/o reducir los posibles efectos directos adversos, producto de la ocurrencia del proceso geodinámico movimiento de la ladera del tipo desprendimiento de roca y que amenaza a la instalación de servicios industriales PGJJBO junto con el personal, los elementos, los procesos y la continuidad en la prestación del servicio de distribución de GLP, consiste en la propuesta **muro de contención con contrafuerte**, cuyo propósito es proteger los elementos expuestos a la ocurrencia del proceso geodinámico movimiento de ladera del tipo *desprendimiento de rocas* identificado y caracterizado anteriormente.

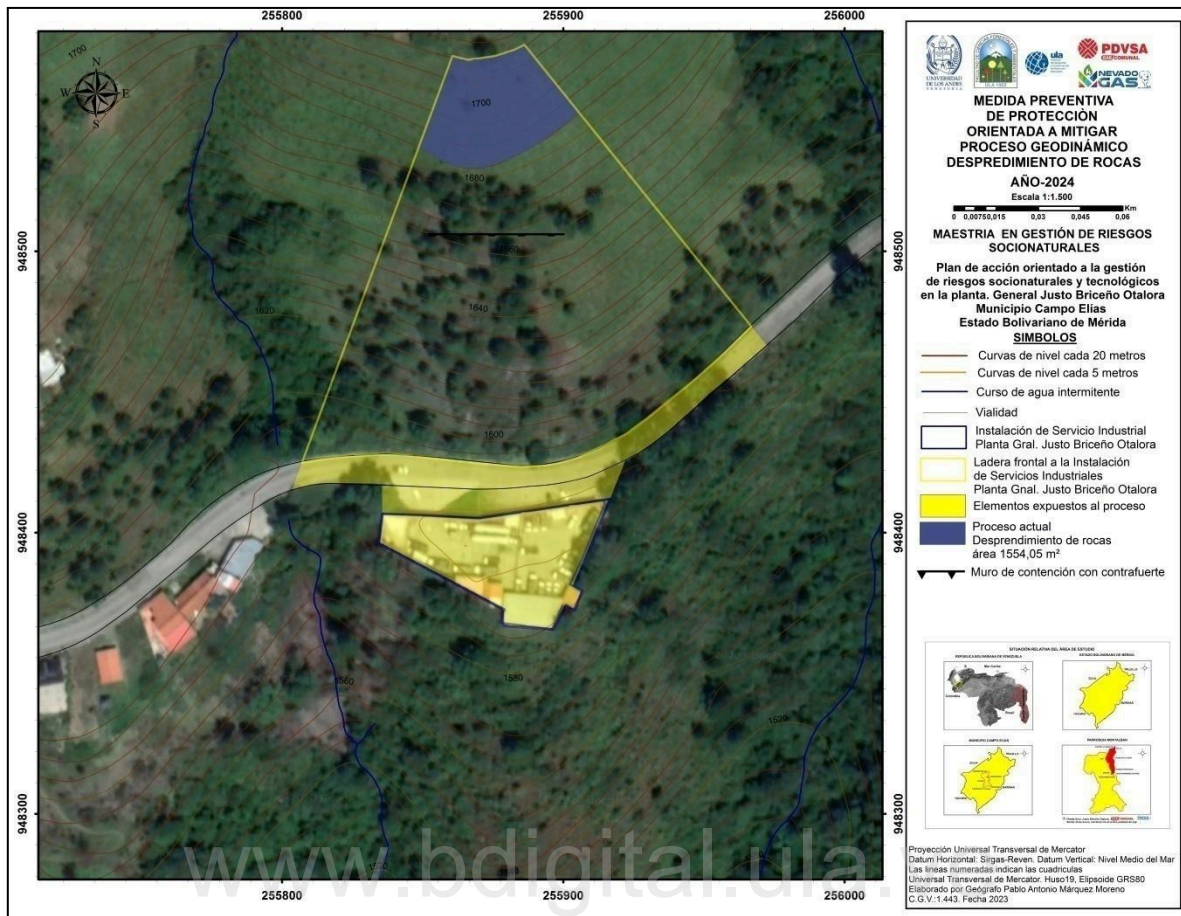
Esta medida tiene como finalidad, en primer lugar, interceptar las rocas-metabrechas, localizadas en el afloramiento del macizo rocoso principal, antes que las mismas aumenten su velocidad y/o cambien su trayectoria. Así, se busca preservar la integridad de los elementos expuestos (vía de comunicación e infraestructura física de la PGJJBO), del impacto del material desplazado. En segundo lugar, buscar servir de sitio de deposición de los bloques de metabrechas desprendidas de la ladera frontal a la instalación, para su posterior remoción.

Esta medida se implementaría en la parte intermedia del área de estudio, lugar por donde discurre la berma. Se aprovecharía así su ubicación para interceptar los bloques desprendidos del afloramiento del macizo rocoso principal, el cual se encuentra en trayectoria y dirección a la instalación industrial y específicamente a los tanques de almacenamiento de GLP de 12.897gal. c/u.

Esta medida presenta, sin embargo, dos desventajas:

1. La misma solo se limita a interceptar los posibles desprendimientos de rocas de un área reducida de la ladera (Afloramiento del macizo rocoso principal), dejando desprovista de protección el resto del área de estudio.
2. Dados los posibles movimientos en los bloques de metabrechas (rebotando y/o rodando) durante su caída, estos podrían cambiar su trayectoria y dirección, lo que restringiría la utilidad de la medida propuesta. El área donde se ubicaría la medida, corresponde a la zona intermedia de la ladera frontal a la instalación de servicios industriales y a lo largo de la misma (34,60 m).

A continuación se muestra el Mapa 23, que refleja la propuesta de medida preventiva de protección (**muro de contención con contrafuerte**) orientada a mitigar el proceso geodinámico *desprendimiento de rocas*. El muro de contención aparece reflejado en la berma con la línea de color negro.



Mapa 23. Medida preventiva (muro de contención) con contrafuerte) de protección orientada a mitigar el proceso geodinámico *desprendimiento de rocas*.

6.16.4 Cuarta medida

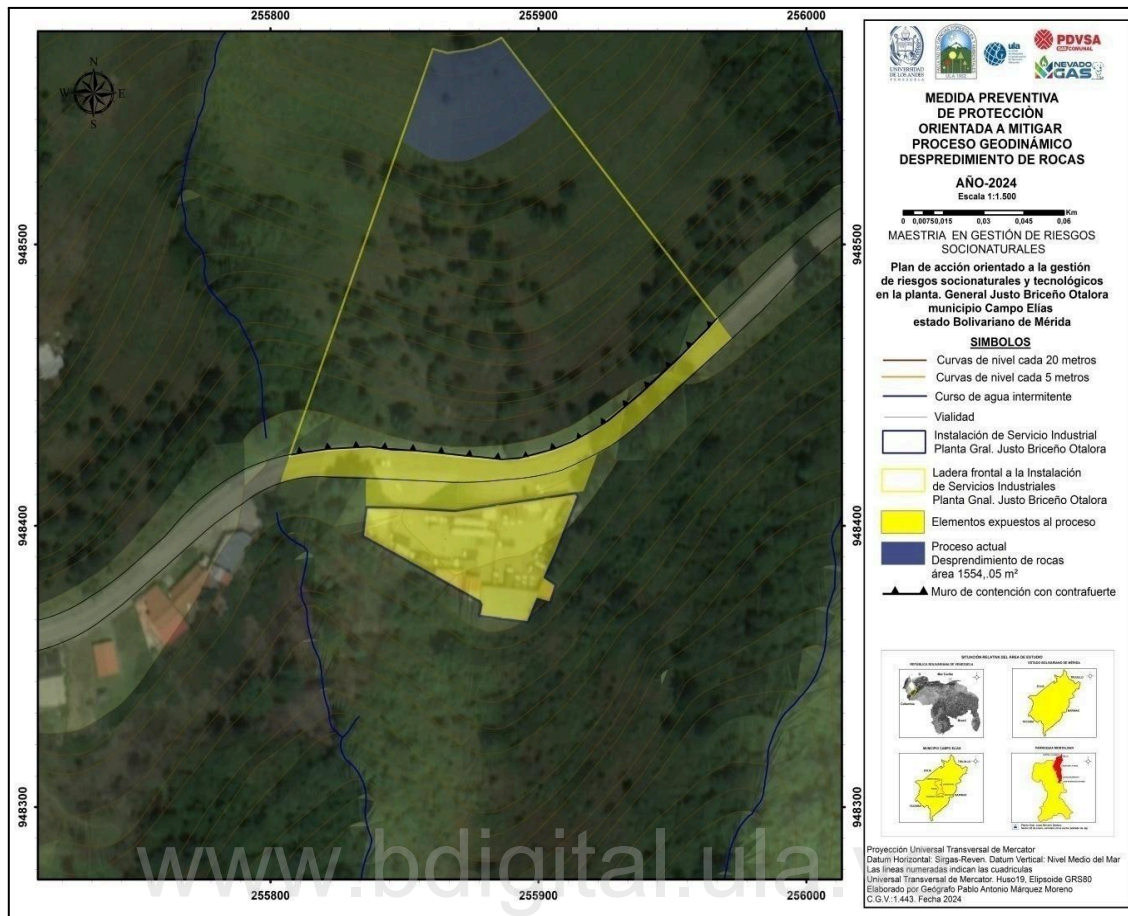
La cuarta medida propuesta para mitigar y/o reducir los posibles efectos directos y adversos, producto de la ocurrencia del proceso geodinámico movimiento de la ladera del tipo *desprendimiento de roca* que amenaza a la instalación de servicios industriales PGJJBO, el personal, los elementos, los procesos y la continuidad en la prestación del servicio de distribución de GLP, consiste en la propuesta **muro de contención con contrafuerte**, cuyo propósito es proteger los elementos expuestos como consecuencia de la ocurrencia del proceso geodinámico movimiento de ladera del tipo *desprendimiento de rocas* identificado y caracterizado anteriormente.

Esta medida tiene dos propósitos: (1) interceptar las rocas de metabrechas, localizadas en el área de estudio y susceptibles de ser desprendidas de la ladera frontal a la instalación industrial, a fin de preservar la integridad de los elementos expuestos (vía de comunicación e infraestructura física de la PGJJBO) del impacto del material desplazado, y (2) servir como sitio de deposición de los bloques de metabrechas desprendidas de la ladera frontal a la instalación para su posterior tratamiento y remoción.

Esta medida se implementaría en la parte baja de la ladera (área de estudio No. 2) y contigua al canal de circulación en dirección al centro poblado de Jají, con una longitud de 176,26m, tal como se muestra en el Mapa 24, correspondiente al mapa de la propuesta de medida preventiva de protección (**muro de contención con contrafuerte**) orientada a mitigar el proceso geodinámico desprendimiento de rocas.

La ventaja de esta medida preventiva (**muro de contención con contrafuerte**) consiste en que, sin importar el lugar de despegue, la trayectoria y dirección de los desprendimientos de rocas se podrían interceptar y evitar que impacten y afecten la integridad de los elementos expuestos (infraestructura física de la planta Gral. Jose Justo Briceño y/o unidades vehiculares tanto propios como particulares) localizados en la planta e inmediaciones de la misma.

La desventaja de esta medida es que la misma podría ser desbordada al momento de que el material desplazado experimente saltos (rebotes), susceptibles de suceder por las pendientes presentes en el área de estudio (ladera frontal a la instalación de servicios industriales), lo que dejaría sin protección a los elementos expuestos identificados anteriormente.



Mapa 24. Medida preventiva (muro de contención con contrafuerte) de protección orientada a mitigar el proceso geodinámico desprendimiento de rocas. Ubicado en la parte baja de la ladera, contiguo al canal de circulación en dirección al poblado de Jají.

6.16.5 Quinta medida

La quinta medida propuesta para mitigar y/o reducir los posibles efectos directos y adversos, producto de la ocurrencia del proceso geodinámico movimiento de la ladera del tipo *desprendimiento de roca*, que amenaza a la instalación de servicios industriales PGJJBO, el personal, los elementos, los procesos y la continuidad en la prestación del servicio de distribución de GLP, consiste en la propuesta (**muro de contención con contrafuerte**) cuyo propósito es proteger los elementos expuestos (tanques de almacenamiento de GLP de 12.897 Gal C/u.), ante el impacto directo del material

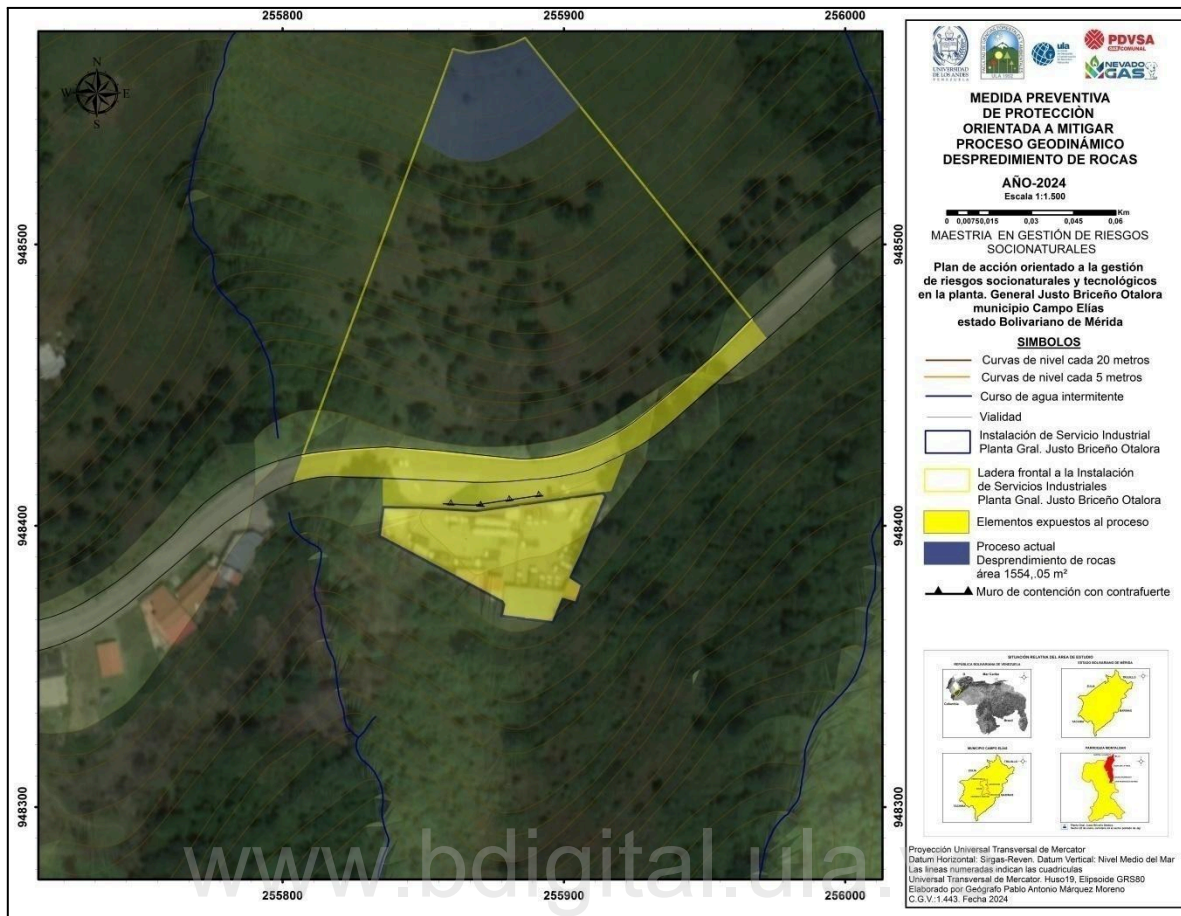
desplazado producto de desprendimientos de rocas identificado y caracterizado anteriormente.

Esta medida tiene como finalidad interceptar las rocas de metabrechas susceptibles de ser desprendidas de la ladera frontal a la instalación industrial, con el fin evitar un posible impacto directo contra el muro perimetral de la instalación industrial que se encuentra contiguo a los tanques estacionarios de GLP de 12.897gal. c/u, y localizados detrás del muro perimetral de la instalación industrial que da al frente de la ladera.

Esta medida se implementaría en la parte frontal al muro perimetral de la instalación industrial, frente a los tanques de almacenamiento de GLP de 12.897 gal. c/u y contigua al área de estacionamiento de la instalación industrial, tal como se muestra en el Mapa 25.

La ventaja de esta medida es que, sin importar el lugar de despegue, la trayectoria y dirección de los desprendimientos de rocas, se evitaría el impacto directo contra los elementos identificados.

Sin embargo, esta medida presenta al menos, una desventaja. Esta consiste en que si bien se garantiza la integridad de los tanques estacionarios de almacenamiento de GLP, no se resguarda la integridad de las unidades vehiculares de distribución de flota primaria (semi-remolque) y secundaria (distribución de cilindros móviles de 10/18/27/43 kg y camión tanque), las cuales transitan rutinariamente por las vías de acceso a las plantas "Gral. Jose Justo Briceño Otalora" y BusGas.



Mapa 25. Medida preventiva (muro de contención con contrafuerte) de protección orientada a mitigar el proceso geodinámico desprendimiento de rocas. Ubicado en la parte frontal del muro perimetral de la PGJBO.

6.17 Medida prospectiva orientada a la reducción del riesgo identificado

Esta medida tiene como fin honrar y dar cumplimiento a lo establecido en la Constitución de la República de Venezuela (CRBV, 1999), cuyo artículo 128 dice lo siguiente:

El estado desarrollará una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo con las premisas del desarrollo sustentable, que incluya la información, consulta y participación ciudadana. Una ley orgánica desarrollará los principios y criterios para este ordenamiento.

Por su parte, el Plan de Ordenación Urbanística (POU) para el área metropolitana de Mérida-Ejido-Tabay del año 2005, establece en los Artículos 1 y los lineamientos de aplicación necesarios para el área comprendida dentro de la poligonal del Sistema Urbanístico objeto del Plan, así como los conceptos, criterios, plazos, determinaciones y disposiciones dirigidos a orientar el desarrollo físico-espacial de los centros poblados que integran el Área Metropolitana. Fija también las pautas para la realización de los programas sectoriales y las actuaciones urbanísticas con el fin de impulsar y dinamizar el desarrollo de actividades y servicios especializados.

El Mapa 27 muestra las áreas (color rojo) en las que, según el POU, se pueden ubicar NUEVOS DESARROLLOS DE SERVICIOS INDUSTRIALES (ND-SI):

Comprenden las áreas destinadas a la localización de Nuevos Desarrollos de Servicios Industriales de tipo regional y metropolitano tales como: ventas de maquinarias y equipos, servicios Tecnológicos, servicios agroindustriales, estacionamientos para el transporte y maquinarias, depósitos agroindustriales y servicios de apoyo al turismo; se encuentran zonificados los siguientes sectores: Chamita, Raúl Leoni y Lourdes en Mérida; los Guaimaros en Ejido y La Ceibita en Tabay.

En todas las actividades industriales se deberá cumplir con las Normas de Diseño y Protección Ambiental que le correspondan.

Las variables urbanas se establecerán en el Plan de Desarrollo Urbano Local. (p. 24)

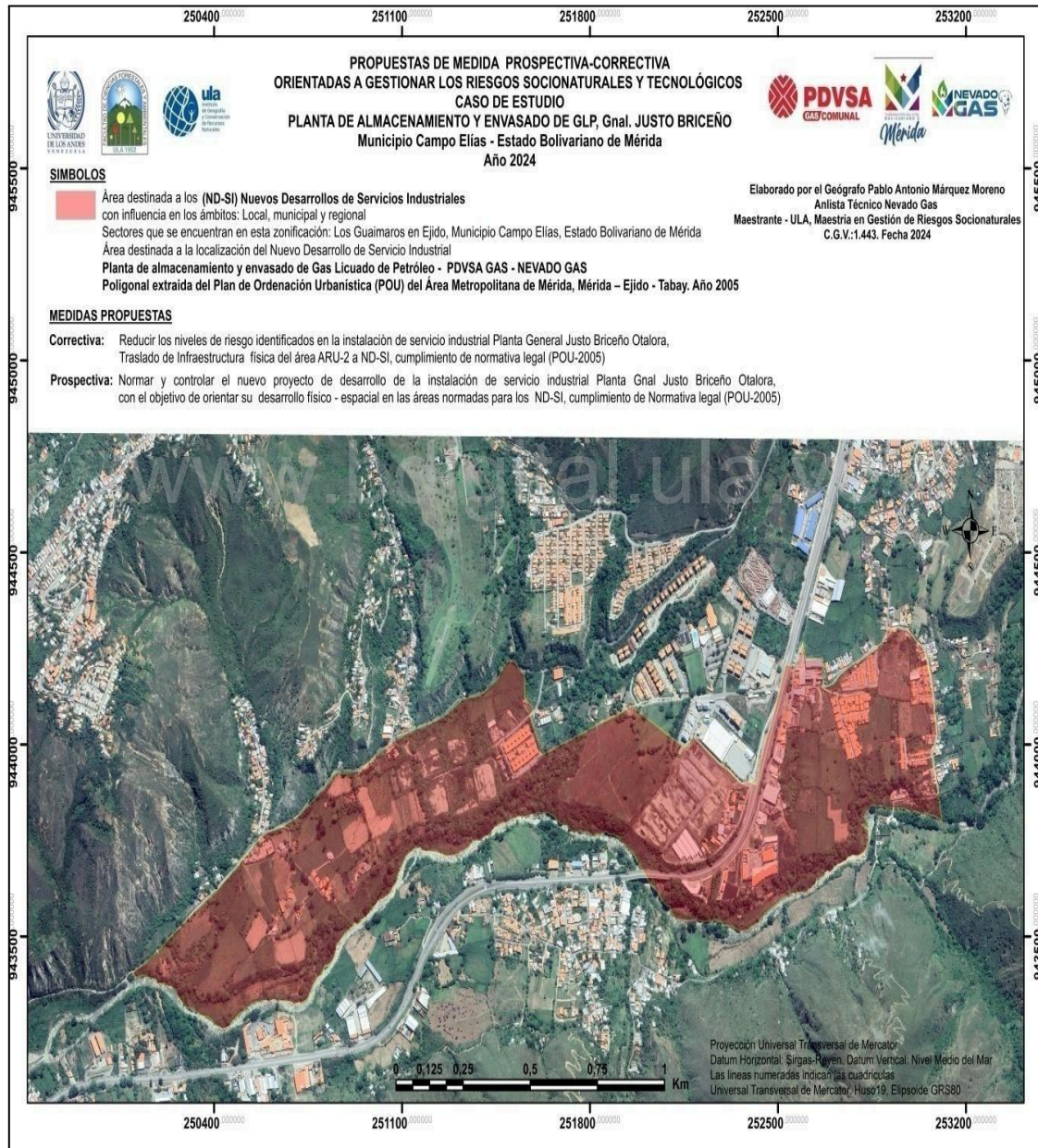
También muestra las medidas correctivas y prospectivas que se proponen en este estudio enmarcado en la gestión de riesgos socionaturales y tecnológicos:

Correctivas:

- Reducir los niveles de riesgo identificados en la instalación de servicio industrial Planta “Gral. Jose Justo Briceño Otalora”.
- Traslado de la infraestructura física ubicada en el área ARU-2 al área ND-SI, para dar cumplimiento a la normativa legal del POU (2005), la LGIRST (2009) y la CRBV (1999).

Prospectivas:

- Normar y controlar el nuevo proyecto de desarrollo de la instalación de servicio industrial Planta “Gral. Jose Justo Briceño Otalora”, con el objeto de orientar su desarrollo físico y espacial en las áreas normadas para los ND-SI, según lo establecido en el POU (2005).



Mapa 26. Propuesta de medidas correctivas/prospectivas orientadas a gestionar los riesgos socionaturales y tecnológicos. Caso de estudio planta de almacenamiento y envasado de GLP "Gral. Jose Justo Briceño Otalora"

CONCLUSIONES

La gestión de riesgos de desastres siconaturales y tecnológicos enfrenta retos personales y colectivos de toda índole, junto a desafíos que pueden llegar a ser difíciles de cumplir; de allí que para Lavell (2001) sea un “proceso social complejo”. Las labores en la gestión de riesgos siconaturales y tecnológicos pueden verse como la bisagra de una puerta: de un lado, están los fenómenos naturales con los que se deben convivir de la manera más armónica posible y para ello se deben tener los conocimientos técnicos necesarios; del otro lado, está el aparato legal, el mundo gerencial público y privado junto al resto de la sociedad. El gestor de riesgos siconaturales y tecnológicos se puede ubicar en medio de la bisagra.

La investigación que dio origen al estudio de caso que se trató en el presente trabajo pasó, como cualquier proceso de gestión de riesgos, por momentos de fatiga, pero también de impulso. Los movimientos de ladera de tipo *desprendimientos de roca* que pueden producirse en la ladera frontal a la instalación industrial Planta de llenado de GLP “Gral. Jose Justo Briceño Otalora” y que pueden afectar a las personas que laboran dentro de la Planta, a la infraestructura física, a las unidades móviles y estacionarias que almacenan GLP y a las adyacencias de la instalación, formaron parte importante de las razones para hacer el estudio. El riesgo construido que se deriva de la ubicación geográfica de la instalación industrial al estar en una zona con severas restricciones de uso (ARU-2) impulsó también la investigación. De allí, la necesidad de analizar varios lados del mismo objeto de estudio dividido a su vez en dos secciones: la PGBJO (Área No. 1 y la ladera frontal a la instalación industrial (Área No. 2) (Ver Mapa 1).

El objetivo principal del estudio consistió en formular propuestas para reducir o mejorar posibles escenarios de riesgos de desastres que pudieran afectar a la instalación física de almacenamiento y envasado de GLP “General Jose Justo Briceño Otalora”. Para la formulación de tales propuestas se planteó, en primer lugar, zonificar y caracterizar la susceptibilidad de ocurrir movimientos de ladera del tipo *desprendimientos de rocas* de la

ladera frontal a la instalación de servicios industriales PGBJO. En segundo lugar, se planteó estimar la vulnerabilidad de los elementos expuestos (personas, infraestructura, servicio de distribución de GLP) que pueden sufrir los efectos directos o indirectos producto de eventos tecnológicos. En tercer lugar, se proyectó determinar las áreas de afectación producto de accidentes tecnológicos del tipo *fuga y explosiones*, que pueden resultar de la pérdida de contención de GLP, debido al impacto por desprendimientos de rocas (riesgo Natech). Por último, se propuso ofrecer medidas correctivas y prospectivas para gestionar los riesgos socionaturales y tecnológicos detectados en la planta de almacenamiento y envasado de G.L.P. "Gral. Jose Justo Briceño Otalora".

En el Capítulo 2 se incluyeron los antecedentes del estudio y una lista de términos con sus definiciones, las cuales se emplean dentro del trabajo y que, en su mayoría, son adaptadas de fuentes oficiales, tales como leyes, normas y publicaciones especializadas. Con respecto a los antecedentes, debemos decir que las investigaciones anteriores similares a la nuestra son escasas en Venezuela; de hecho, hallamos un solo estudio parcialmente afín al nuestro, el estudio de Lobo (2007). Los otros dos estudios son tomados de investigaciones realizadas en Cuba y en España. Observamos que en otros países de la región latinoamericana se presenta cierto auge en el ámbito de los eventos Natech, dada la potencial fuerza de destrucción de este tipo de eventos.

En el Capítulo 3 se describió detalladamente el emplazamiento geográfico donde se ubicó el objeto de estudio a fin de delimitar las variables físiconaturales presentes, tales como topografía, geología y geomorfología.

La metodología del estudio (Capítulo 4) siguió el enfoque mixto (estudio con métodos cuantitativos y cualitativos). Según el diseño de la investigación, se trata de un estudio de caso y, al mismo tiempo, un estudio fenomenológico. En vista de que la proyección del estudio fue generando la necesidad de analizar diferentes elementos para poder hacer propuestas claras, factibles y enmarcadas dentro de las leyes, aplicamos tres métodos diferentes: dos orientados a determinar aspectos geológicos y geomorfológicos para medir la susceptibilidad de movimientos de ladera del tipo *desprendimiento de rocas*, y un

método orientado a determinar la vulnerabilidad de los elementos expuestos, en especial del personal que labora en la PGJJBO.

Empleamos el **método heurístico**, propuesto por Degraff y Romesburg (1998, en Ayala *et al*, 2015) para delimitar las áreas de la ladera frontal a la PGBJO. Dentro de este método se analizaron distintos factores condicionantes: geológico-geotécnicos, geomorfológicos y gradiente de la pendiente. El segundo método fue el **método experimental**, propuesto por Cardoso *et al* (2013), sobre el cual nos basamos para determinar la posible distancia recorrida por el material rocoso desprendido causado por inestabilidades en la ladera frontal a la instalación industrial PGJJBO y su posible impacto sobre elementos expuestos, por lo que se originaría un evento Natech. El tercer método fue la aplicación de un **instrumento de medición (encuesta escrita)** al personal que trabaja en la instalación industrial PGJJBO. Su objetivo fue ponderar la vulnerabilidad educativa y cultural del personal en relación con la identificación del riesgo, las acciones y prácticas orientadas a la reducción del riesgo y, por último la formación, preparación, organización y atención en caso de emergencias y desastres. Este método también buscó obtener información de primera mano en torno a si se han promovido actividades, acciones y prácticas institucionales orientadas a gestionar los posibles escenarios de riesgos de desastres, para cumplir con las leyes de la República que contemplan las actividades orientadas a la gestión de riesgos socionaturales y tecnológicos.

De los resultados del estudio (Capítulo 5), nos referiremos aquí a las conclusiones derivadas de los resultados de la vulnerabilidad educativa-cultural (factor **resiliencia**) del personal que labora en la instalación de servicios industriales Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora". Las conclusiones de los resultados de los métodos heurístico y experimental se encuentran en el Capítulo 6, en el cual se propone un **Plan de acción orientado a la gestión de riesgos de desastres socionaturales y tecnológicos en la Planta "Gral. Jose Justo Briceño Otalora"**, ubicada en el municipio Campo Elías del estado Bolivariano de Mérida.

Con respecto al estudio para determinar la vulnerabilidad educativa-cultural, consideramos importante explicar resumidamente los cálculos que nos permiten argumentar los resultados finales de este componente del estudio. En la Tabla 29 se observan los resultados finales y/o categorías finales de cada una de las vulnerabilidades parciales de las preguntas (P): 1, 4, 5 y 6, seleccionadas para la evaluación de la vulnerabilidad educativa-cultural del personal que cumple labores directas en la instalación de servicios industriales. Estas categorías finales parciales fueron diferenciadas y agregadas de manera conjunta en la Tabla 30 (página siguiente). Ello nos permitió realizar la sumatoria final, mediante la aplicación del **método aditivo de rangos**. Esta sumatoria nos dio como resultado el numerador de la operación, en tanto que el denominador de la operación y/o las partes en que las cantidades se dividieron, se identificó en función del número de preguntas seleccionadas, que en nuestro caso fueron 4. El resultado de esta operación nos arrojó el valor prefijado-categoría final que en nuestro caso es 3,75, lo que por aproximación trasladamos a 4. Este resultado final lo asociamos con el nivel de vulnerabilidad final, el cual se corresponde con un nivel de vulnerabilidad final **muy alto**, tal como se visualiza en la Tabla 30.

Tabla 29. Método aditivo de rangos para estimar el nivel de vulnerabilidad final. **Fuente:** elaboración propia

Vulnerabilidad	Pregunta 1 (25%)	Pregunta 4 (25%)	Pregunta 5 (25%)	Pregunta 6 (25%)	Σ	Categoría final	Nivel de vulnerabilidad Final
Educativa-Cultural	4	3	4	4	15/4	3,75 (4)	Muy Alto

Tabla 30. Asociación pre establecida entre la categoría de la vulnerabilidad final y su correspondiente nivel de vulnerabilidad final. **Fuente:** elaboración propia

Valores prefijados de la vulnerabilidad final según su categoría	Niveles de Vulnerabilidades finales educativa – cultural
4	Muy Alto
3	Alto
2	Moderado
1	Bajo

De los resultados anteriormente referidos y apoyados en las deducciones de las preguntas complementarias de refuerzo, obtenemos las siguientes conclusiones:

(1) La mayoría del personal adscrito a la instalación de servicios industriales no identifica todos y cada uno de los eventos y/o peligros tanto físicos naturales como tecnológicos existentes en el entorno y en la propia instalación de servicios industriales y que pudieran desencadenar fenómenos naturales y/o accidentes tecnológicos.

(2) A pesar de que un porcentaje elevado del personal adscrito a la instalación de servicios industriales ha sido testigo y/o a presenciado algún y/o algunos de los eventos y/o accidentes que pudiera afectar a los elementos expuestos (personal, procesos y actividades que permiten el almacenamiento, envasado y distribución de GLP a los usuarios finales), un alto porcentaje del personal, es decir más del 50 % no ha participado en actividades para detectar, diagnosticar, caracterizar y evaluar posibles escenarios de riesgos de desastre en y los alrededores de la planta.

(3) El personal adscrito a la planta no tiene claro, ni establece objetivamente la relevancia e importancia de cada uno de los posibles eventos y/o accidentes tecnológicos que pudieran afectar a los elementos expuestos en función del grado y magnitud de la generación de consecuencias adversas, debido a desconocimiento de la secuencia accidental que siguen los eventos adversos asociados a amenazas tecnológicas en instalaciones industriales que almacenan y manipulan materiales peligrosos.

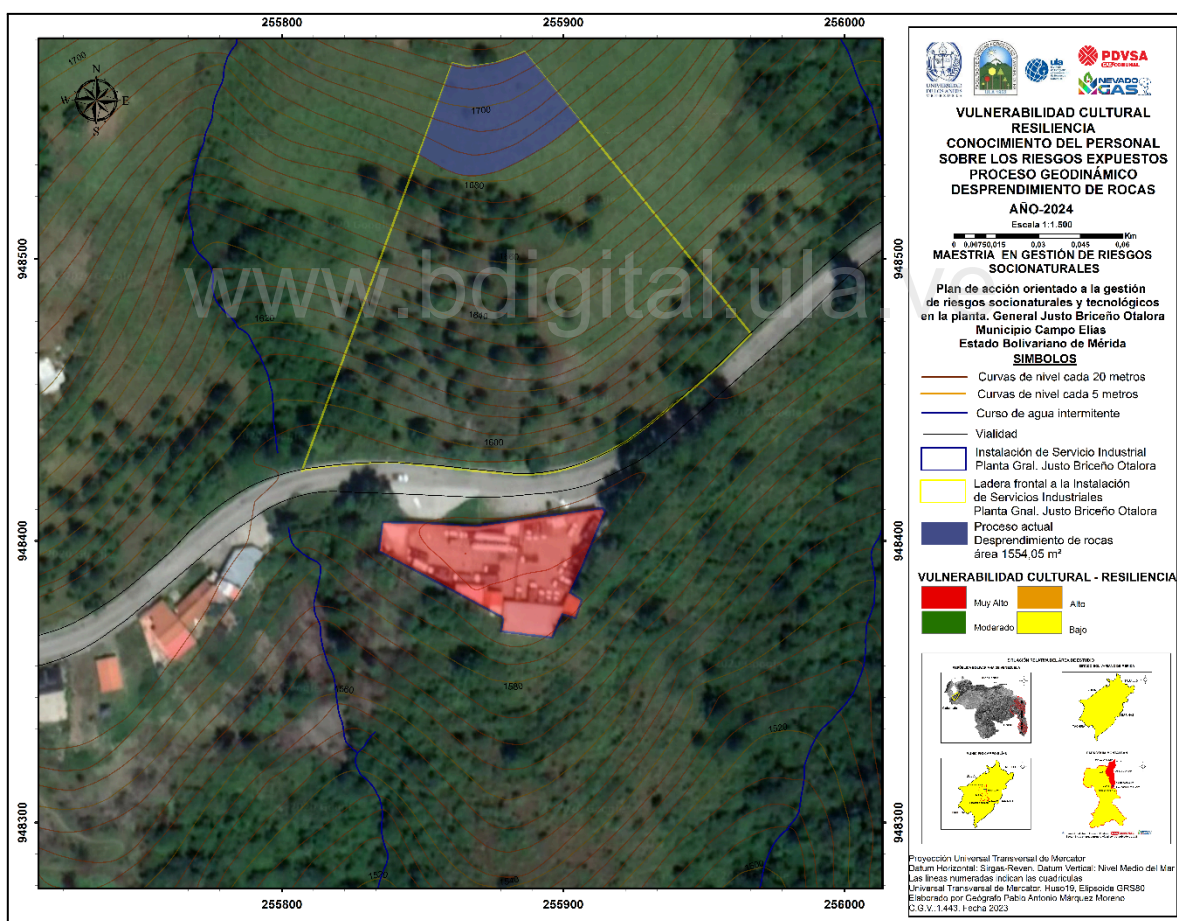
(4) Más del 75% de la población trabajadora que realiza actividades directas en la instalación de servicios industriales desconoce la existencia del plan especial institucional orientado a disminuir los niveles de riesgo a lo que están expuestos.

(5) En igual proporción, más del 75% de la masa trabajadora desconoce que se hayan promovido acciones y prácticas efectivas para disminuir los niveles de vulnerabilidad a los que están expuestos tanto el personal, como los elementos expuestos, procesos y actividades desarrolladas en la planta.

(6) Como consecuencia de las falencias identificadas, desarrolladas y que dan cuenta de un nivel de vulnerabilidad educativa–cultural **muy alto**, una reducida parte del personal que cumple actividades directas en la instalación de servicios industriales es de la opinión que

el plan especial institucional para la reducción de riesgo de desastre solo considera acciones y prácticas puntuales. Asimismo, creen que estas acciones y prácticas puntuales se reducen a las siguientes actividades: talleres de inducción de prevención de riesgo y seguridad industrial, taller de inducción de seguridad y protección, taller de primeros auxilios, taller sobre usos de extintores en cilindros de almacenamiento de GLP y medidas de seguridad ante incendios. Estas respuestas dadas por los encuestados justifican el nivel de vulnerabilidad educativa–cultural **muy alto** que a la fecha presenta el personal adscrito a la planta “Gral. Jose Justo Briceño Otalora”.

En el mapa 27 se identifica el nivel de vulnerabilidad educativa cultural que a la fecha tiene el personal trabajador de la instalación de servicios industriales PGJJBO.



Mapa 27. Nivel de vulnerabilidad educativa–cultural del personal adscrito a la instalación de servicios industriales planta "Gral. Justo Briceño Otalora".

RECOMENDACIONES

Se exhorta al presidente del estado Mayor del Gas y Gerente Estatal de la empresa **PDVSA Gas Comunal S.A** en el estado Bolivariano de Mérida, responsable de los elementos, procesos y de la comercialización del producto GLP a usuarios finales (residencial, comercial, industrial y médico asistencial y educativo) en el ámbito territorial del estado Bolivariano de Mérida, a hacer del conocimiento el presente estudio de caso **PLAN DE ACCIÓN ORIENTADO A LA GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES SOCIONATURALES Y TECNOLÓGICOS EN LA PLANTA "GENERAL JOSE JUSTO BRICEÑO OTALORA"** al presidente nacional de la empresa estatal venezolana PDVSA Gas Comunal S.A., y al viceministerio de Gas adscrito a la empresa estatal Venezolana PDVSA GAS COMUNAL S.A, entes responsables (1) de fiscalizar las plantas de almacenamiento y envasado de GLP a nivel nacional y (2) de garantizar el suministro continuo y oportuno del producto GLP desde las fuentes de fraccionamiento a las instalaciones de servicios industriales (plantas).

Se exhorta al presidente del estado Mayor del Gas y Gerente Estatal de la empresa **PDVSA Gas Comunal S.A** en el estado Bolivariano de Mérida, a solicitar al Coordinador Estatal de Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa Nevado Gas S.A, para que diligentemente emprenda las acciones y prácticas que permitan neutralizar y/o reducir la vulnerabilidad educativa-cultural identificada en el personal adscrito a la instalación de servicios industriales PGJJBO, para de esta manera se pueda dar cumplimiento a lo referido en el artículo 38 de la Ley Gestión Integral de riesgos Socionaturales y Tecnológicos de la República de Venezuela, el cual refiere que los entes públicos y/o privados deben incluir contenidos educativos relacionados con la reducción de riesgos socionaturales y tecnológicos en los planes de formación de todo su personal. Esta salvedad se realiza con base a los resultados obtenidos de la evaluación de la vulnerabilidad educativa-cultural realizada al personal que cumple actividades directas en la instalación de servicios industriales, ya que se detectó lo siguiente:

1. Un alto porcentaje de la masa trabajadora (70,4%) no identificó integralmente los accidentes tecnológicos, los eventos y/o los procesos físico-naturales que pudieran afectar negativamente a la instalación de servicios industriales, al personal, a los componentes, a los procesos y a la continuidad en la prestación del servicio de distribución de GLP, bien por fallos en los procesos internos durante las actividades rutinarias, bien por eventos físico naturales desencadenados en las adyacencias de la instalación de servicios industriales y que pudieran afectar a la planta.
2. Más de la mitad de la masa trabajadora (59,3%) no se ha vinculado directamente o no ha participado en actividades orientadas a detectar, diagnosticar, caracterizar y evaluar integralmente escenarios de riesgos socionaturales y tecnológicos dentro y en las adyacencias de la instalación de servicios industriales; riesgos estos que pudieran ser detonadores de eventos Natech que afectarían peligrosamente a la instalación de servicios industriales.
3. Más de tres cuartas partes de la masa trabajadora (77,8%) desconoce si institucionalmente la instalación de servicios industriales PGJJBO cuenta con el Plan Especial de Reducción de Riesgos de Desastres, tal como lo estipula la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos de la República Bolivariana de Venezuela. Este Plan constituye el medio idóneo para disminuir los niveles de vulnerabilidad identificados.
4. Se identificó que un alto porcentaje de la masa trabajadora (77,8%), al no tener la certeza de la existencia del Plan Especial de Reducción de riesgos de desastres en la PGJJBO, no pudo identificar las acciones y prácticas que se han emprendido para disminuir los niveles de vulnerabilidad detectados.

Se exhorta al Presidente del estado Mayor del Gas y Gerente Estatal de la empresa PDVSA Gas Comunal S.A en el estado Bolivariano de Mérida a solicitar al Coordinador Estatal de Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa Nevado Gas S.A, para que diligentemente emprenda las acciones y prácticas que permitan establecer e identificar el perímetro de seguridad y la correspondiente área de retiro de seguridad industrial de la

instalación de servicios industriales PGJJBO, con el fin de ejecutar acciones y prácticas que junto con la comunidad del sector 23 de enero, permitan disminuir los niveles de riesgos identificados y a los que están expuestos el personal, la comunidad, los elementos, los procesos y la continuidad en la prestación del servicio de distribución de GLP a usuarios finales, ya identificados en el territorio de distribución adscrito a la instalación de servicios industriales PGJJBO.

Se exhorta al Presidente del estado Mayor del Gas y Gerente Estatal de la empresa PDVSA Gas Comunal S.A en el estado Bolivariano de Mérida a solicitar al Coordinador Estatal de Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa Nevado Gas S.A, para que de manera expedita articule con los organismos de atención de emergencias del estado Bolivariano de Mérida (Cuerpo de Bomberos del estado Mérida) y demás organismos afines acciones para instituir manuales, normas y procedimientos de preparación y atención en caso de emergencias en la PGJJBO; esto con el fin de establecer los protocolos de respuesta ante emergencias, en función de los posibles escenarios de riesgo identificados, según los eventos y/o peligros identificados en el presente estudio de caso, lo que permitirá establecer las pautas a seguir por el personal de la instalación de servicios industriales y los organismos de seguridad del estado.

Se exhorta al Presidente del estado Mayor del Gas y Gerente Estatal de la empresa PDVSA Gas Comunal S.A en el estado Bolivariano de Mérida, a establecer los enlaces institucionales con la Secretaría para el Desarrollo de Infraestructura y la Vivienda de la Gobernación del estado Bolivariano de Mérida y entes afines a esta materia en los planos regional y nacional, para que evalúen la pertinencia y viabilidad técnica de las medidas correctivas (obras físicas civiles) sugeridas en el presente estudio de caso, las cuales se orientan a proteger los elementos expuestos identificados (instalación de servicios industriales) del proceso geodinámico identificado o a actuar sobre el proceso geodinámico anteriormente identificado.

Se exhorta al Presidente del estado Mayor del Gas y Gerente Estatal de la empresa PDVSA Gas Comunal S.A en el estado Bolivariano de Mérida, a informar a la Gerencia

Nacional de PDVSA Gas Comunal. S.A. sobre la importancia estratégica que reviste reubicar la instalación de servicios Industriales PGJJBO a las áreas identificadas y señaladas como NUEVOS DESARROLLOS DE SERVICIOS INDUSTRIALES (ND-SI), tal y como lo establece el Plan de Ordenación Urbana (2005). Ello permitiría localizar estratégicamente una instalación de servicios industriales orientada al almacenamiento, envasado y distribución de GLP, acorde con la demanda actual de distribución de GLP y proyectada para cubrir la demanda futura, en función de las proyecciones de crecimiento de la población.

www.bdigital.ula.ve

REFERENCIAS CITADAS

Ayala, R., Dal Pozzo, F., y Sánchez, D. (2015). Zonificación de la susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa. Microcuencas Agua Blanca y La Laja. Andes venezolanos. Revista Geográfica de Venezuela (56) 2. Pags: 221-247.DOI: <https://doi.org/10.53766/RGV>.

Cardoso, D., Romana D., y Hiltunen, D. (2013). Distancia recorrida por el material afectado por inestabilidades en taludes de carretera. En Alonso, E., Corominas, J., Hürlimann, M. (Eds.) VIII Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables (págs 1070-1080). Descargable de: https://congress.cimne.com/simposiotaludes2013/frontal/doc/Vol_03.pdf

Colombia. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, UNGRD. (2023). Identificación de Escenarios NATECH en Colombia, 2021-2022. Bogotá. Descargable en: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/40426>

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela [Const] (1999) Venezuela.

Ferrer O., C. (1996). Evolución geológica de un segmento de la falla de Boconó durante el Neógeno: Implicaciones tectónicas y sedimentológicas del sector Tabay- Estanques (estado Mérida). Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Universidad de Los Andes. Mapa Geológico. Escala 1:25.000. (Inédito). Mérida-Venezuela.

FONDONORMA. (2001). Gestión de Riesgos, Emergencias y Desastres. Definición de Términos. (COVENIN 3661:2001). Descargable de: https://fastmed.com.ve/wp-content/uploads/2014/07/3661-2001_Gestion_de_riesgo_De_finiciones.pdf

Gonzalez de Vallejo, L., Ferrer M., Ortuño, L. y Oteo, C. (2002). Ingeniería Geológica. Madrid: Pearson

Guillén G. E. (2020). Análisis de riesgos en el área de almacenamiento de gas licuado del petróleo en la UEB División Territorial de Comercialización de Combustibles Matanzas y su entorno. Universidad de Matanzas, Cuba [Trabajo de Grado] Descargable de: <https://rein.umcc.cu/bitstream/handle/123456789/1702/TD20%20Eleanys.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gerencia Nacional de Educación y Desarrollo. (s.f.) Manual para manejo de gas licuado de petróleo (GLP). Ministerio del Poder Popular de Petróleo y Minería, Gas Comunal.

Gutierrez, M. (2020). Modelización de Accidentes en una Planta de Almacenamiento y Regasificación de Gas Natural Licuado. Sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla [Trabajo de fin de máster]. Descargable de:

<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/71778/fichero/TFM-1778+GUTI%C3%89R+REZ+BELMONTE%2C+MAR%C3%8DA+DE+LOS+%C3%81NGELES.pdf>

Hernandez, R., Fernandez, C., y Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación. 6ta. ed.- México: Mc Graw Hill. Descargable de:

<https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

Instituto Nacional de Defensa Civil del Perú (INDECI), Dirección Nacional de Prevención del Gobierno del Perú (2011). Manual de estimación del riesgo ante movimientos en masa en laderas, cuaderno técnico No 3. Descargable en:

<https://dokumen.pub/manual-de-estimacion-del-riesgo-ante-movimientos-en-masa-en-la-deras.html>

Keipi, K., Mora, S., y Bastidas, P. (2005). Gestión de riesgo de amenazas naturales en proyectos de desarrollo- Lista de preguntas de verificación (“Checklist”). Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo [Serie de informes de buenas prácticas del Departamento de Desarrollo Sostenible]. DOI: <http://dx.doi.org/10.18235/0010217>. Descargable de:

[https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Gesti%C3%B3n-de-riesgo-de-amenazas-naturales-en-proyectos-de-desarrollo-Lista-de-preguntas-de-verificaci%C3%B3n-\(Checklist\).pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Gesti%C3%B3n-de-riesgo-de-amenazas-naturales-en-proyectos-de-desarrollo-Lista-de-preguntas-de-verificaci%C3%B3n-(Checklist).pdf)

Lavell, A. (2001). Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición. *Biblioteca Virtual en Salud de Desastres-OPS*, 4, 1-22. Descargable de: <http://cidbimena.desastres.hn/pdf/spa/doc15036/doc15036-contenido.pdf>

Ley de Gestión de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos. (2009). Venezuela.

Ley Orgánica de Ordenación Urbanística (1987) Gaceta Oficial Nº 33.868 de fecha 16 de diciembre de 1987. Venezuela. Descargable en: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/auditoria_interna/Archivos/Material_de_Descarga/Ley_Organica_de_Ordenacion_Urbanistica_-_33.868.pdf

Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio. (1983). Gaceta Oficial No. 3.238 de fecha 11 de agosto de 1983. Venezuela. Descargable en:

<http://www.minec.gob.ve/wp-content/uploads/2021/07/LEY%20ORG%C3%81NICA%20PARA%20LA%20ORDENACI%C3%93N%20DEL%20TERRITORIO.pdf>

León, A. (2022) Modelización de accidentes en una refinería de Tarragona usando ALOHA. Dpto. Ingeniería Química y Ambiental Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla. Descargable de:

<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/72347/fichero/TFM-2347+Le%C3%B3n+Sierra%2C+A..pdf>. [Trabajo de grado]

Liñayo, A. (2004) Estudio de Percepción Social de Riesgos de la parroquia Catia La Mar – estado Vargas - Venezuela. Descargable de:

https://www.academia.edu/27793967/ESTUDIO_DE_PERCEPCI%C3%93N_SOCIAL_DE_RIESGOS_DE_LA_parroquia_CATIA_LA_MAR_ESTADO_VARGAS_VENEZUELA

Lobo, A. (2007). Lineamientos para la gestión de riesgos tecnológicos como elemento de sostenibilidad urbana. Caso de estudio: Complejo Petroquímico Morón, municipio Juan José Mora, estado Carabobo, Venezuela. Mérida: Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes [Trabajo de grado de maestría en Gestión de Recursos Naturales Renovables y Medio Ambiente]

Medina G., D., Valladares, R., Pimstein, L., y Quiñones, E. (2013). Mapa de espesores de suelo residual y coluvial. Área metropolitana del municipio Libertador, Mérida-Venezuela. Revista Geográfica Venezolana, 54(1),11-30. ISSN: 1012-1617. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=347730394002>

Medina, D., Montilla, N., y Pimstein, L. 2015. Mapa de unidades de suelo y litología superficial como contribución al proyecto gestión integral de riesgos en espacios urbanos – fase Mérida, Venezuela. Boletín de Geología, 37 (1): 83-97.

Ministerio del Poder Popular de Petróleo y Minería. (s.f.). Gas Comunal: Batalla Comunicacional. Planificación estratégica. [Cuadernillo institucional]

Narvaez, L., Lavell, A., Perez, G. (2009) La Gestión del Riesgo de Desastres: Un Enfoque Basado en Procesos. Lima: Comunidad andina. Descargable de: https://dhls.hegoa.ehu.eus/uploads/resources/4986/resource_files/gestion_riesgo_desastres.pdf

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2022). The Impact of Natural Hazards on Hazardous Installations. Descargable de: <https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/topics/policy-sub-issues/chemical-accident->

[prevention-preparedness-and-response/impact-of-natural-hazards-on-hazardous-installations.pdf](#)

Organización Internacional de Normalización, ISO. (2018). *Administración/gestión de riesgos -lineamientos, guía*. 2da ed. (ISO 31000). Descargable de: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:es>

PDVSA Gas. (s.f.). *Historia*.

http://www.pdvsa.com/index.php?option=com_content&view=article&id=9039&Itemid=577&lang=es

Plan de Ordenación Urbanística del área metropolitana de Mérida de Mérida-Ejido-Tabay. Gaceta oficial de la República de Venezuela, No. 5303 extraordinario. (1999).

Resolución Nro. 704. “Normas para la Ubicación, Construcción, Ampliación, Remodelación, Reubicación, Desmantelamiento y Operación de las Plantas de Llenado de Recipientes para Gases Licuados de Petróleo (GLP)”. (1960). Gaceta Oficial No. 26.297 de fecha 6 de julio de 1960. Venezuela. Descargable de:

<http://www.minpet.gob.ve/index.php/resoluciones-y-leyes/>

Resolución Nro. 125. “Normas para el almacenamiento y comercialización en el manejo de los Gases Licuados de Petróleo (GLP), en cilindros, en centros de acopio y estantes”. (2010). Gaceta Oficial No. 378.076, de fecha 21 de julio de 2010. Descargable de:

<https://faolex.fao.org/docs/pdf/ven97781.pdf>

Revete, A. (2003). Diagnóstico de seguridad en plantas de llenado de cilindros de Gas Licuado de Petróleo (GLP). Caracas. Escuela de Ingeniería de Petróleo, Universidad Central de Venezuela. [Trabajo de grado]. Descargable de:

<http://saber.ucv.ve/handle/10872/547?mode=full>

Silva, Gustavo. Análisis hidrográfico e hipsométrico de la cuenca alta y media del río Chama, estado Mérida, Venezuela. Revista geográfica venezolana, ISSN 1012-1617, Vol. 40, Nº 1 (S), 1999, págs. 9-42.

Suárez D. J. (1998) Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga, Colombia. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Descargable de:

<https://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101-parte01.pdf>

Suarez, M. (2022). Un panorama de los riesgos Natech en Colombia. En Cruz, A., Aoki, S., Suárez, M., Durán, J. y Romero, M. (Eds.) Memorias del 6to Simposio Internacional de

Accidentes Tecnológicos desencadenados por Eventos de Origen Natural: Una mirada global a la gestión del riesgo Natech. Descargable de:

<https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/39100>

Suarez, M. y Niño, E. (2024) Hacia un Fortalecimiento de capacidades en la gestión del riesgo NATECH en Centroamérica. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNURRD). Descargable de:

<https://www.undrr.org/media/95688/download?startDownload=20241030>

www.bdigital.ula.ve

ANEXO 1

Proyecto Suministro e Instalación de Sistema de Protección contra caída de rocas

www.bdigital.ula.ve



Proyecto
Suministro e Instalación de Sistema de Protección
Contra caída de rocas
Ladera frontal a la Instalación de Servicio Industrial
Planta de Almacenamiento y Envasado de GLP
General Justo Briceño Otalora
Carretera Panamericana Sector 23 de Enero, Parroquia Montalbán
Municipio Campo Elías-Estado Mérida-República Bolivariana de
Venezuela
Agosto-2022



C.C. Reconocimiento

1. Nombre del proyecto

Suministro e instalación de sistema de protección contra caídas de rocas, ladera frontal a la instalación de Servicio Industrial, Planta de Almacenamiento y Envasado de Gas Licuado de Petróleo (GLP) “General Justo Briceño Otalora”, ubicado en el sector 23 de enero, carretera Panamericana vía a Jají, Parroquia Montalbán, Municipio Campo Elías, Estado Mérida-Venezuela.



Figura.1 mapa del área del proyecto.

2. Institución que ejecuta el proyecto

Corporación de los Andes-Contratista adjudicada por licitación.

3. Ubicación geográfica del proyecto

Estado Mérida-República Bolivariana de Venezuela, Municipio Campo Elías, Parroquia Montalbán, carretera Panamericana vía a la población de Jají, sector 23 de enero, ladera frontal a la Instalación de Servicio Industrial, Planta de Almacenamiento y Envasado de GLP “General Justo Briceño Otalora”.

4. Fuente de financiamiento

Corporación de Los Andes-CORPOANDES

5. Costo del proyecto

Costo total del proyecto: \$78,806.16

Actividades por componente	Unidad	Cantidad	Costo \$ unitario	Costo \$ Total
OBJETIVO PROPUESTO				
Componente 1 Estabilizar/ Mitigar y/o Evitar caídas de rocas por Afloramientos rocosos fuertemente fracturados (rocas alteradas) suelta en nichos de salida y en tránsito, producto del metamorfismo y actividad sísmica regional				
Actividades 1.1 Preparación del terreno				
Desmalezamiento de la ladera corte y poda de arbustos	m²	1449	1.22	1,767.78
Corte de árboles > 3 metros de altura, incluido medios auxiliares y transporte de restos del corte al lugar final de disposición	unidad	15	71.50	1,072.50
Extracción de tocón (raíces) incluido la carga, transporte y descarga al lugar final de disposición y posterior relleno de	unidad	15	59.38	890.70
Actividades 1.2 Trabajo de campo preliminar				
Trabajo de campo Topografía, incluyendo implementos técnicos y planos elaborados	día	3	585.30	1,755.90
Auxiliar de topografía	día	3	136.36	409.08
Especialista geotécnico, evaluación en campo	día	3	545.45	1,636.35
Especialista Ing. civil evaluación e inspección en campo	día	20	545.45	10,909.00
Demarcación del área, obra civil (malla) y puntos de anclaje (internos y perímetros)	día	2	125.30	250.60
Actividades 1.3 Trabajo de campo, obra civil en la ladera:				
<u>Suministro, perforación y montaje de Bulones para el anclado de la malla</u> Anclaje de acero tipo GEWI de 20 mm de diámetro y anclado a 3 metros de profundidad, espaciados cada 3 metros en perímetro , incluido precio de los materiales, piezas de anclajes y medios necesarios para su perforación e instalación manuales o mecánicos Totalmente terminado.	metro perforado	224	53.00	1,1872.00
<u>Suministro e instalación de malla galvanizada de triple torsión 8x10/16 y 2,7 mm de diámetro</u> Protección contra caída de rocas, malla adosada a la ladera (malla galvanizada de triple torsión 8x10/16 y 2,7 mm de diámetro), incluido fijación en corona, pie y perímetro con barras de acero tipo GEWI de 20 mm de diámetro, espaciados cada 3 metros, incluido en el precio todos los elementos de la malla incluso anclajes y medios necesarios para su instalación. Totalmente instalada	m²	1449	28.00	40,572.00
<u>Suministro e instalación cable de acero galvanizado de 16 mm de diámetro</u> Cable de acero galvanizado de 16 mm de diámetro, refuerzo de malla en perímetro y solape (unión) entre paños de mallas, instalación y tensado. Totalmente terminado	m	525	14.61	7,670.25
Total				78,806.16

C.C. Reconocimiento

6. Periodo de ejecución

60 días distribuidos en tres tiempos.

Actividades por componente		Día/mes 1										Responsable
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Componente Estabilizar el macizo rocoso de la ladera frontal a la Instalación industrial Planta Justo Briceño Otalora											Contratista
	Actividades 1.1 Preparación del terreno											Contratista
1.1.1	Desmalezamiento de la ladera corte y poda de arbustos											Contratista
1.1.2	Corte de árboles > 3 metros de altura, incluido medios auxiliares y transporte de restos del corte, al lugar final de disposición											Contratista
1.1.3	Extracción de tocón (raíces) incluido la carga, transporte y descarga al lugar final de disposición y posterior relleno											Contratista

Actividades por componente		Día/mes 1										Día/mes 2										Responsable
		11	12	13	14	15	16	17	7	8	9	10	11	12	24	25	26	27	28	29	30	
	Componente Estabilizar el macizo rocoso de la ladera frontal a la Instalación industrial Planta Justo Briceño Otalora																					Contratista
	Actividades 1.2 Trabajo de campo preliminar																					Contratista
1.2.1	Levantamiento topográfico																					Contratista
1.2.2	Auxiliar técnico trabajo de campo levantamiento topográfico																					Contratista
1.2.3	Evaluación de especialista geotécnico, diagnóstico del comportamiento del terreno																					Contratista
1.2.4	Evaluación de especialista Ing. civil para inspección de campo sobre medida correctiva a implementar/seguimiento de la obra																					Contratista
1.2.5	Demarcación del área, obra civil (malla) y puntos de anclaje (internos y perímetros) malla																					Contratista

Actividades por componente		Día/ mes 1														Día/ mes 2														Responsable																			
		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
	Componente Estabilizar el macizo rocoso de la ladera frontal a la Instalación industrial Planta Justo Briceño Otalora																																																Contratista
	Actividades 1.3 Trabajo de campo, obra civil en la ladera																																																Contratista
1.3.1	Perforación y montaje de Bulones para el anclado de la malla																																																Contratista
1.3.2	Instalación de malla galvanizada de triple torsión 8x10/16 y 2,7 mm de diámetro																																																Contratista
1.3.3	Instalación cable de acero galvanizado de 16 mm de diámetro																																																Contratista

7. Descripción del problema actual

Una primera etapa que corresponde a la situación actual del problema, está asociada con los procesos gravitacionales del tipo caída de rocas de diferentes tamaños que se han venido presentado desde inicio del año 2021 en las inmediaciones de la Planta de Almacenamiento y Envasado de Gas Licuado de Petróleo GLP General Justo Briceño Otalora. Estos eventos provienen de la ladera frontal a la Instalación industrial, como se puede verificar en las **Figuras 2, 3 y 4**. Se han caracterizado por el desprendimiento de rocas de moderado a gran tamaño ladera abajo de manera espontánea.

Se presume que por la características asociadas a este tipo de deslizamiento (caída de rocas), la trayectoria del recorrido y las pendientes presentes en el área podrían alcanzar velocidades muy altas (superiores a 5 m/s). Dichos eventos han comprometido en primer lugar la seguridad de los transeúntes y la circulación vehicular de unidades particulares y de carga en general que transitan por el sector, siendo su área de aterrizaje la calzada de la vía que se encuentra en las inmediaciones de la instalación industrial. Adicionalmente por la cercanía en la que han ocurrido este tipo de eventos gravitacionales a dicha infraestructura se teme que dichos cantos rodados pudieran impactar la instalación industrial considerada como una instalación de alta peligrosidad debido a la naturaleza de las actividades desarrolladas en su interior (almacenamiento y envasado de gases licuados de petróleo), y segundo por los altos volúmenes de GLP que son trasegados y envasados en dicha instalación industrial (cercaños a los 3.800.000 litros/mes), como se muestra en la Fig. 5, los cuales son destinados a satisfacer un servicio básico de primera necesidad, como es la distribución de GLP para uso residencial, comercial, sistema médico asistencial y educativo de una población final de usuarios cercana a las 68.000 familias pertenecientes al eje metropolitano y eje Páramo del estado Mérida.



Fig. 2. Fotografía de rocas caídas en las adyacencias de la Instalación de Servicios Industriales, (fotografía tomada en diciembre de 2021).



Fig. 3. Fotografía de la ruta seguida por la roca desprendida, vista hacia la ladera (fotografía tomada en diciembre de 2021).

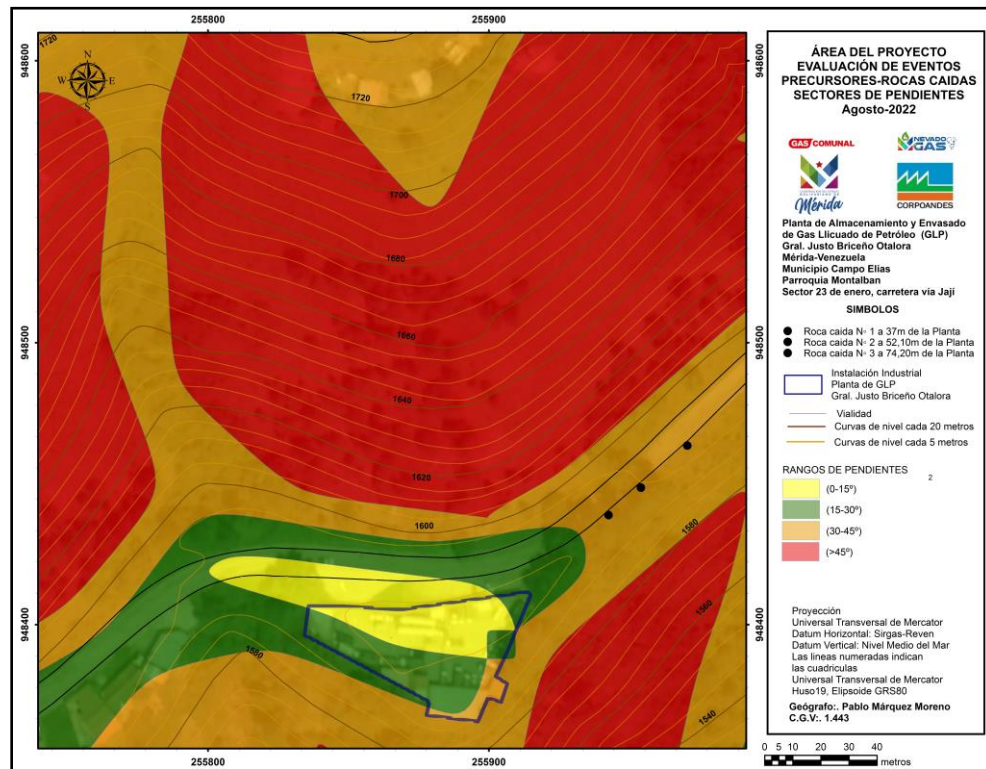


Figura.4 Mapa del área de aterrizaje de los caídos de rocas y sectores de pendiente de la ladera contigua.



Fig. 5. Instalación de Servicio Industrial Planta de Almacenamiento y Envasado de GLP, **General Justo Briceño Otalora**, ubicada al pie de la ladera (Fotografía tomada en marzo de 2022).

8. Justificación del proyecto

Los movimientos gravitacionales tipo caídas de rocas que se están dando en el sector antes descrito son eventos violentos e imprevistos, producto en muchos casos por rupturas abruptas de una masa rocosa muy fracturada debido a la influencia del tectonismo y metamorfismo regional. Los factores desencadenantes se corresponden con lluvias intensas y/o sismos; tales eventos se caracterizan por ser extremadamente violentos e impredecibles, donde el mayor recorrido del material desplazado lo hace rodando o rebotando, lo que le confiere velocidades muy altas y un poder destructivo importante, proporcional a la masa desprendida $\geq 1 \text{ m}^3$, el grado de inclinación de la pendiente $>45^\circ$ y la distancia de recorrido hasta el sitio de llegada ± 150 metros, estos referentes evaluados en campo hacen necesario actuar diligentemente a favor de implementar medidas orientadas a mitigar los procesos de inestabilidad de la ladera frontal a la Instalación de Servicios industriales (Fig. 5).

Con respecto a las características geotécnicas de la ladera frontal a la instalación industrial, área a intervenir con el proyecto, se justifica la dirección de una intervención puntual sobre el macizo rocoso (área expuesta por los agentes meteóricos). Este macizo se corresponde a la Formación Sabaneta, que data del Carbonífero Tardío-Pérmico Temprano ± 298 millones de años, con características geológicas y geotécnicas descritas a continuación: tipo de roca brechas o metabrechas de la Formación Sabaneta, que le confiere a la roca alta dureza y resistencia a la meteorización in situ y a la disgregación por la abrasión producto del rebote y/o rodamiento (Fig. 2), lo que la hace una roca muy competente. En ladera (macizo rocoso) se visualizan bloques $\geq 1 \text{ m}^3$ con alto grado de fracturación producto de la actividad tectónica región (Fig. 6).



Fig. 6. Fotografía de la ladera frontal a la instalación industrial, macizo rocoso principal (fotografía tomada en diciembre de 2021).

En campo se visualizaron cuatro grandes grupos de rocas. El primer grupo de rocas corresponde a rocas *in situ*, muy competentes y aún adosadas al macizo rocoso principal, con fracturación de moderada a alta. Se observan nichos de despegue y la presencia de tres familias de diaclasas. El segundo grupo de rocas se corresponde a bloques individualizados, desprendidos de la matriz de la roca principal, con moderado a alto grado de fracturación. Un tercer grupo se corresponde con bloque sueltos, enterrados en una matriz de regolitos listo para el despegue. El último grupo se corresponde con bloque sueltos y en tránsito a lo largo de la ladera principal, lo cual da lugar a procesos permanentes de desprendimientos de rocas de tamaño centimétricos hasta métricos (Fig. 7)

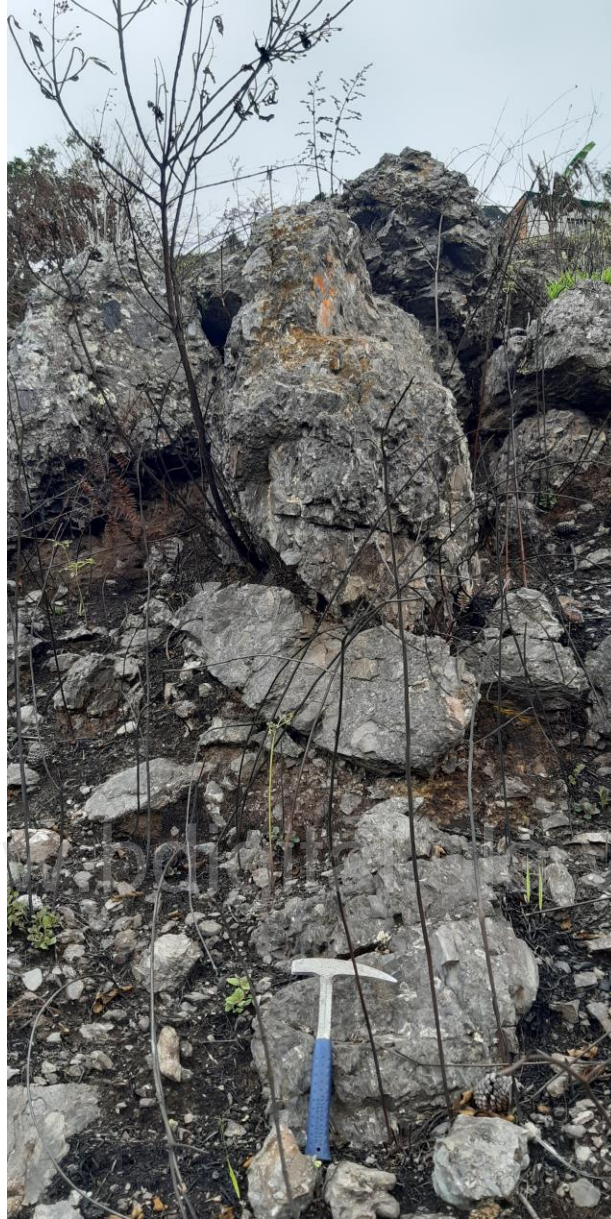


Fig. 7. Fotografía de la ladera frontal a la instalación industrial, rocas despegadas de la matriz de la roca madre (fotografía tomada en diciembre de 2021).

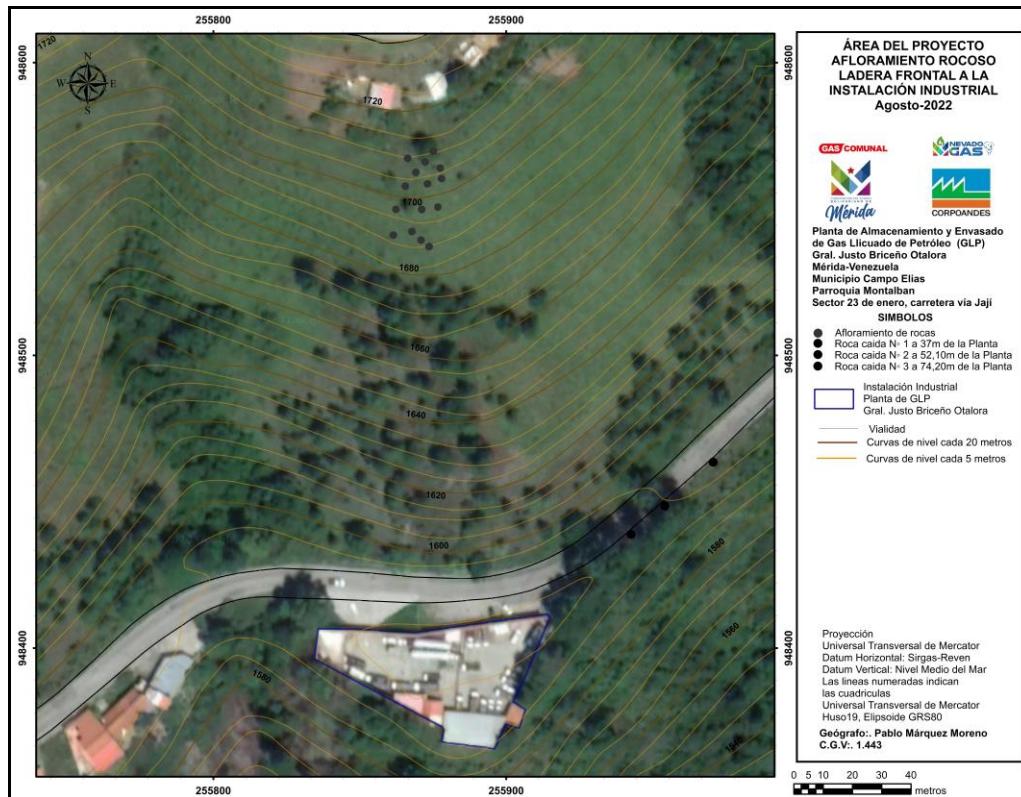


Figura 8. Mapa del área donde aflora el macizo rocoso principal parte frontal a la Instalación industrial.

9. Objetivo principal

Implementar un sistema de protección contra caída de rocas, en un área localizada de la ladera frontal a la Instalación industrial, consistente en un tendido de malla de alambre de triple torsión de 8x10/16 y 2,7 mm de diámetro anclada a Bulones de acero tipo GEWI de 20 mm de diámetro, anclado a 3 metros de profundidad y espaciados cada 3 metros en el perímetro, reforzada por cable de acero galvanizado de 16 mm de diámetro, en perímetro (laterales cabecera y pie del sistema), el cual abarcará un área de 21 metros de ancho por 69 metros de largo para una superficie total efectiva de 1.449 m², ubicado en el parte agua de la ladera frontal a la instalación industrial tal como se puede visualizar en la Fig. 9 mediante la curvas de nivel.

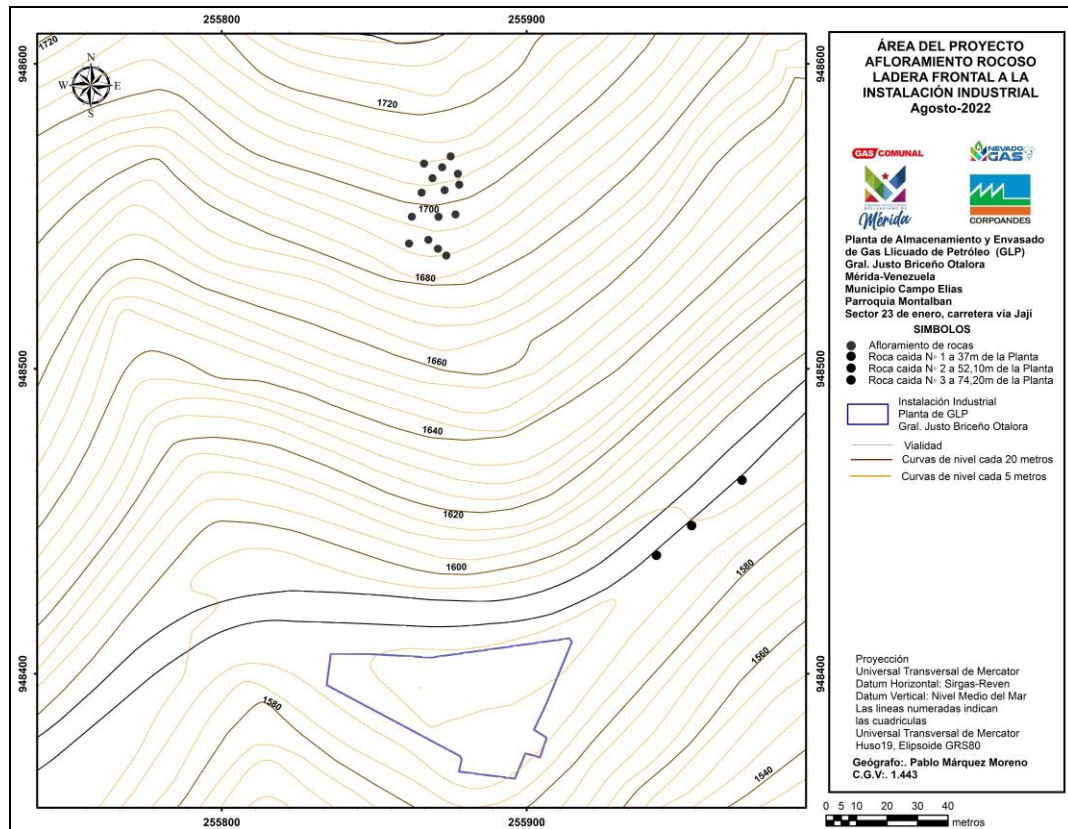


Fig. 9. Mapa base área del proyecto.

Este sistema propuesto permitirá, en primer lugar, mitigar el movimiento del macizo rocoso principal, provocando un efecto de estabilización superficial y, en segundo lugar, en el caso que se produjeran procesos gravitacionales tipo caída de rocas, estos puedan ser canalizados mediante el empleo de dichos elementos flexibles, hasta una berma localizada en la parte intermedia de la ladera, que servirá de zona de acumulación en la que depositarían las rocas desprendidas, tal como se muestra en las figuras 10, 11, 12.

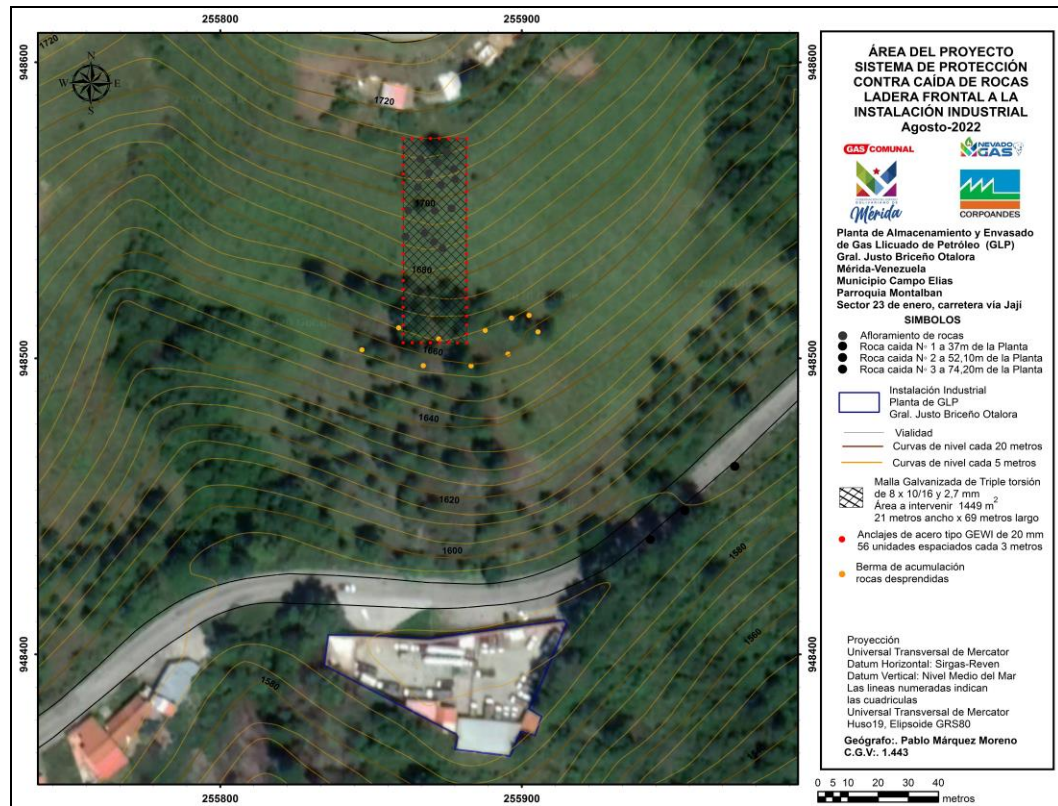


Figura 10. Mapa del área del proyecto donde se identifica el sistema de protección propuesto contra desprendimiento de rocas y el sitio de acumulación del material desprendido.

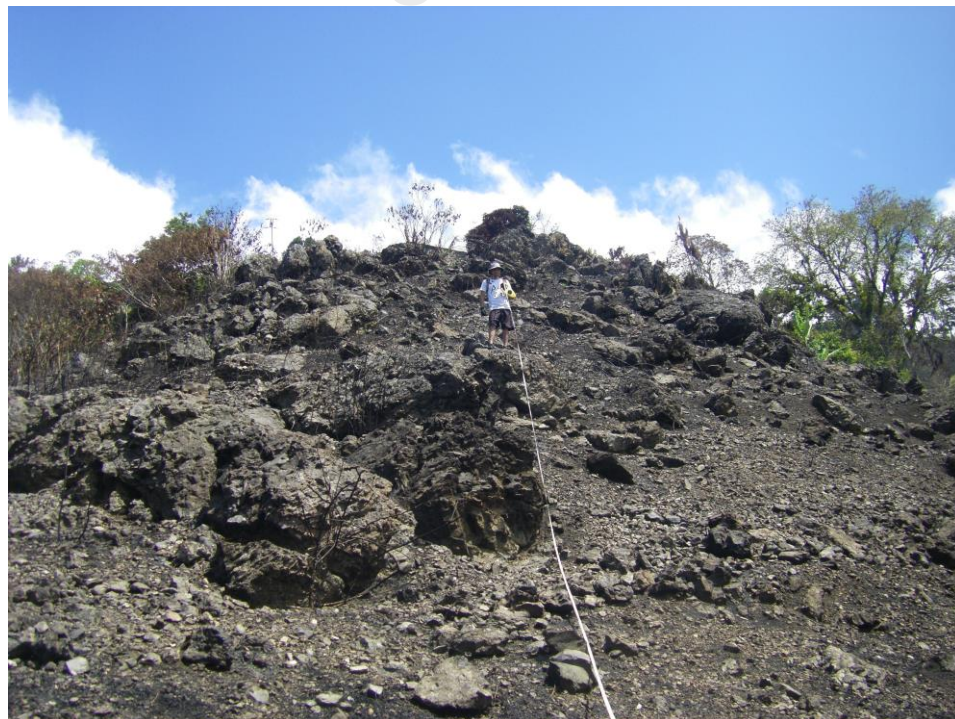


Fig. 11. Afloramiento rocoso principal, medidas preliminares en campo (Fotografía tomada en febrero del 2022).



Fig. 12. Berma de acumulación de rocas desprendidas. (Fotografía tomada en diciembre de 2021).

10. Beneficiarios

Se identifican tres tipos de beneficiarios. En primer lugar, los usuarios que transitan por este tramo de la arteria vial en la que se implementara la medida de protección contra caída de rocas; en segundo lugar, el personal que hace vida laboral en la instalación industrial Planta de Almacenamiento y Envasado de GLP General Justo Briceño Otalora, quienes se beneficiarían al contar con un sistema de protección que disminuiría la exposición y fragilidad a la que se encuentran expuestos tanto el personal como la Instalación industrial por estar en zonas de posibles impacto de material rocoso desprendido. Esta fortaleza permitiría generar una conciencia colectiva en cuanto al peligro que enfrentan, lo que permitiría crear un sistema de protección, como por ejemplo, sistemas de alerta temprana en donde se establezcan protocolos de actuación para este tipo de amenaza; en tercer lugar, los usuarios finales que se benefician de la distribución de GLP mediante la prestación del servicio

considerado de primera necesidad el cual se debe desarrollar en toda la cadena industrial del servicio de manera segura.

11.Resultados

Contar con un sistema de protección contra caída de rocas, de material rocoso de mediano a gran tamaño que permitirá en primer lugar, mitigar el movimiento del macizo rocoso provocado por efectos de la gravedad. Ello producirá un efecto de estabilización superficial en la ladera frontal a la instalación industrial, consiguiendo atenuar los procesos de fracturación. En segundo lugar, y en el caso que se dieran procesos gravitacionales del tipo caída de rocas, estos serían canalizados mediante elementos flexibles (malla de triple torsión y cables), que de forma continua canalizaría las rocas desprendidas hasta el sitio de acumulación en la parte intermedia del talud (berma), donde se depositarían de forma segura. Este sistema de protección a través de elementos flexibles conducirían las rocas de una manera controlada, atenuando la energía cinética producida por efecto de la masa desplazada, permitiendo al sistema distribuir de forma segura los empujes realizados por la masa desplazada.

12.Sostenibilidad

Con el fin de preservar y asegurar el óptimo funcionamiento del sistema de protección contra caída de rocas, instalado en la ladera frontal a la instalación de servicio industrial Planta de Almacenamiento y Envasado de GLP, “General Justo Briceño Otalora”, es necesario hacerse de un cronograma de visitas a la obra en cuestión con el fin de implementar un plan de mantenimiento preventivo que permita verificar las condiciones de cada uno de los componentes instalados.

Este plan de mantenimiento consistirá en el desmalezamiento periódico para evitar la colonización de especies vegetales autóctonas de la zona. Este desmalezamiento se puede acometer mediante el uso de herbicidas para el control de la maleza, por cuanto la acumulación de restos vegetales y su

posterior descomposición conducen a la formación de ácidos húmicos que comprometen el sistema de recubrimiento de protección contra la corrosión. De igual manera, se realizará la revisión del tendido total de la malla de triple torsión para descartar propagación de roturas en el caso de producirse el fallo de alguno de los alambres. Adicionalmente, se deberá revisar el área de llegada de los materiales (berma de acumulación), con el fin de mantener el área de llegada disponible para las rocas en tránsito. Junto a ello, se deberá utilizar sistema anticorrosivo para el recubrimiento de cada uno de los componentes (bulones, anclajes y malla) con el fin de prevenir la oxidación de los mismos por su exposición a los agentes meteóricos. Finalmente se deberá realizar una revisión exhaustiva de cada uno de los bulones (anclajes perimetrales) con el fin de verificar que no presente desplazamiento por las fuerzas tensionales a las que están expuestos.

www.bdigital.ula.ve

Anexos



Fig. 1. Levantamiento topográfico de la ladera principal con el fin de estimar el área de la obra civil, y posible trayectoria de orientación de los caídos en función de la orientación de las pendientes. Ladera parte apical vista hacia la instalación industrial (Fotografía tomada en marzo de 2022).



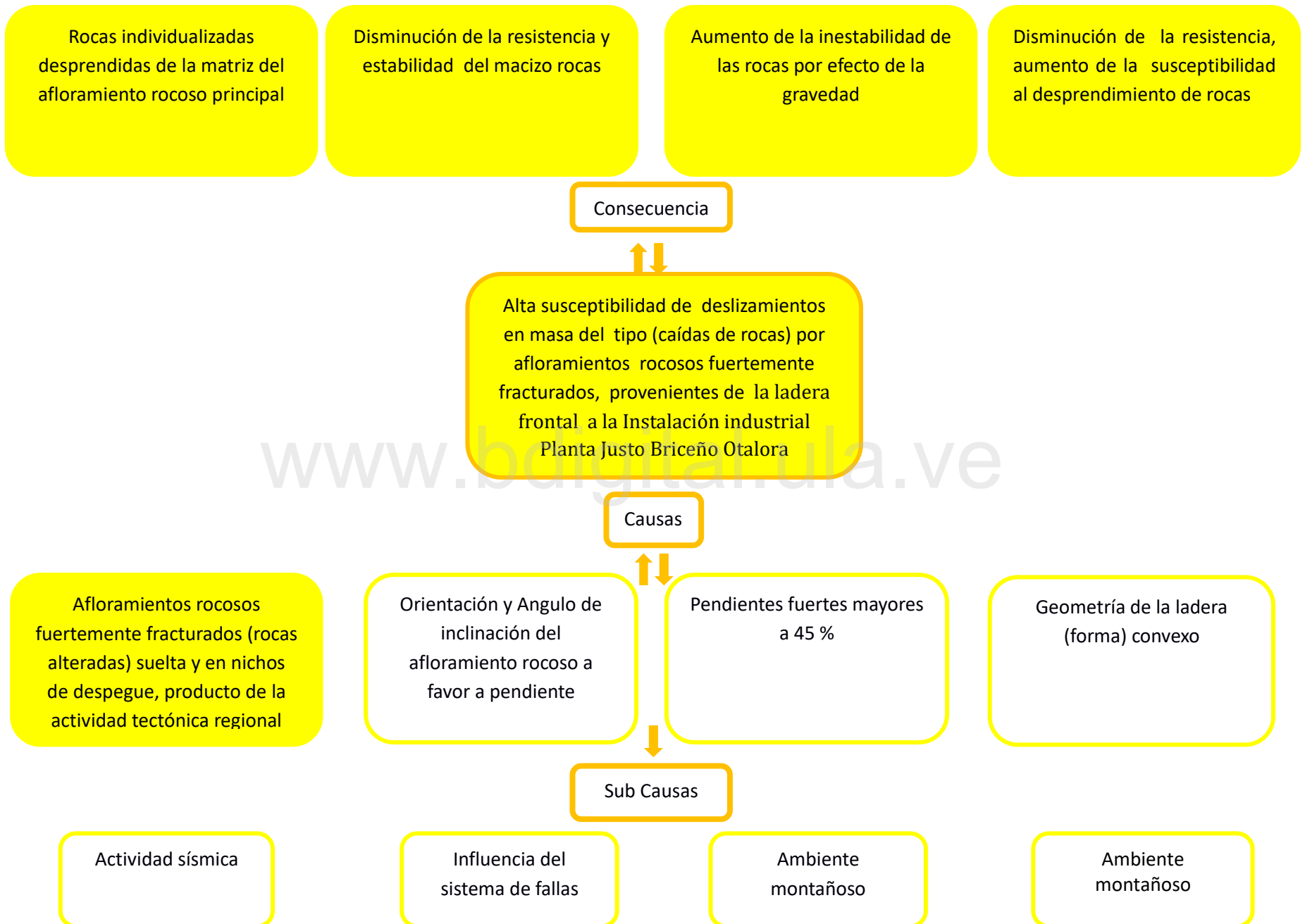
Fig. 2. Ubicación espacial de cada una de las rocas que se encuentra en posición de despegue y en trayectoria a la instalación industrial, con la finalidad de estimar el área del sistema de protección contra caída de rocas (Fotografía tomada en marzo de 2022).

MATRIZ DEL PROBLEMA						
SITUACIÓN PROBLEMA - SITUACIÓN OBSERVADA	SITUACIÓN A CAMBIAR	POBLACIÓN	UBICACIÓN	PROBLEMA	SITUACIÓN ESPERADA	OBJETIVO
Evidencia física de eventos relacionados a caídas de rocas	Caídas de rocas	Afloramiento rocoso fuertemente fracturado, ladera frontal a la instalación industrial	Ladera frontal a la instalación industrial Planta Justo Briceño Otalora	Alta susceptibilidad de deslizamientos en masa del tipo (caídas de rocas) por afloramientos rocosos fuertemente fracturados (rocas alteradas), en la ladera frontal a la instalación industrial Planta Justo Briceño Otalora	Evitar y/o mitigar las caídas de rocas, de la ladera frontal a la Instalación industrial Planta Justo Briceño Otalora	Evitar las caídas de rocas, de la ladera frontal a la Instalación industrial Planta Justo Briceño Otalora

MATRIZ DE INVOLUCRADOS			
ACTORES INVOLUCRADOS	INTERÉS EN SOLUCIONAR EL PROBLEMA	COMO PERCIBEN EL PROBLEMA QUE ATACAMOS	RECURSOS CON LOS CUALES CUENTAN
Gerentes de la empresa Nevado Gas	A favor	De alta importancia	Recursos económicos
Personal obrero y administrativo de la empresa Nevado Gas	A Favor	De alta importancia	Movilización
Autoridades de gobierno	A Favor	De alta importancia	Recursos económicos
Comunidad del sector 23 de enero	A Favor	De alta importancia	Movilización
Usuarios	Neutro	No es prioridad	Movilización

C.C. Reconocimiento

Árbol de problema-causa



Árbol de objetivos medios/fines

Estabilizar el macizo rocoso de la ladera frontal a la Instalación industrial Planta Justo Briceño Ojalora

Fin

Estabilizar las rocas individualizadas desprendidas de la matriz del afloramiento rocoso principal

Aumentar la estabilidad del macizo rocoso

Aumentar la estabilidad de las rocas para disminuir el efecto de la gravedad

Disminuir la susceptibilidad al desprendimiento de rocas

Fines directos

Objetivo central

Evitar y/o mitigar las caídas de rocas, de ladera frontal a la Instalación industrial Planta Justo Briceño Ojalora

Medios de primer nivel

Medios de primer nivel

Estabilizar afloramiento rocosos fuertemente fracturados (rocas alteradas) suelta y en nichos de despegue

Orientación y Angulo de inclinación del afloramiento rocoso a favor a pendiente

Pendientes fuertes mayores a 45 %

Geometría de la ladera (forma) convexo

Medios fundamentales

Prestar mayor atención a la realidad sísmica de la región

Evaluar la influencia del sistema de fallas, en la ladera

Ambiente montañoso

Ambiente montañoso

Matriz de marco lógico

	OBJETIVOS	INDICADORES	METAS	SUPUESTOS
FIN	Estabilizar el macizo rocoso de la ladera frontal a la instalación industrial Planta Justo Briceño Otalora, con el fin de reducir los escenarios de riesgo enmarcado en la Ley de Gestión de Riesgos	Porcentaje de ejecución del proyecto en función del plan operativo	Informe de seguimiento de lo ejecutado según cronograma plasmado en el plan operativo	Autoridades del gobierno regional y Gerentes de la empresa Nevado Gas, consientes de la necesidad de auspiciar políticas orientadas a acometer medidas para la estabilización de la ladera que se localiza frente a la instalación de Servicios Industriales Planta General Justo Briceño Otalora
PROPOSITO	Evitar y/o mitigar las caídas de rocas, de ladera frontal a la Instalación industrial Planta Justo Briceño Otalora	Porcentaje de ejecución del proyecto en función del plan operativo	Informe de seguimiento de lo ejecutado según cronograma plasmado en el plan operativo	Gerentes, personal obrero y administrativo de la empresa Nevado gas y la comunidad aledaña consientes y comprometidos de la necesidad de auspiciar políticas orientadas a evitar y/o mitigar las caídas de rocas que se vienen dando en el sector aledaño a la instalación industrial
COMPONENTES	Macizo rocoso estabilizado	Seguimiento de la ejecución del proyecto obras civiles correctivas orientadas a la estabilización del talud, según el plan operativo	Informe de seguimiento de lo ejecutado según cronograma plasmado en el plan operativo	Gerentes informados sobre la influencia que ejerce la actividad tectónica en la región, y su influencia en la fracturación del aforamiento rocoso de la ladera, lo que conlleva desprendimientos de rocas de la matriz principal del macizo rocoso
ACTIVIDADES	Plan Operativo	Porcentaje de ejecución del proyecto en función del cronograma de ejecución propuesto Vs cronograma de ejecución de actividades acometidas	Seguimiento de cronograma-plan operativo	Gerente de proyecto de La Corporación de Los Andes atento y presto para la seguimiento y fiscalización del proyecto emprendido

C.C. Reconocimiento