

Cómo citar este artículo:

Adaniya Higa, B. J. (2019). Metodología de la dinámica de los sistemas blandos aplicada a la problemática del abastecimiento de gas licuado de petróleo (GLP). *Project, Design & Management*, 1(2), 41-60, doi: 10.35992/pdm.v1i2.244

**METODOLOGÍA DE LA DINÁMICA DE LOS SISTEMAS
BLANDOS APLICADA A LA PROBLEMÁTICA DEL
ABASTECIMIENTO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)**

Beatriz Juana Adaniya Higa

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Perú) / Universidad
Nacional de Ingeniería (Perú)

badaniya@fip.uni.edu.pe · <https://orcid.org/0000-0002-7563-7773>

Resumen. El artículo contribuye a la investigación sobre una solución sostenible para la problemática del abastecimiento del GLP. Hay pocas investigaciones realizadas en el Perú al respecto y se centran en el análisis de la matriz energética, el desabastecimiento de las plantas envasadoras o gasocentros de GLP vehicular, la política de precios establecidas por el Estado y las fuentes de suministro. Ante la falta de estudios que realicen un análisis de las causas o de la interrelación entre los diferentes factores que pueden afectar el abastecimiento normal de este combustible, el análisis de la situación problemática siguiendo la metodología de la dinámica de los sistemas blandos permite una adecuada definición del problema y de los eventos generadores de riesgos o factores críticos que se presentan. Como resultado de su aplicación, definir la situación problemática no estructurada ha comprendido describir la situación donde se observa acontecimientos y circunstancias sin algún tipo de estructura, presentándose sin una idea clara de los factores reales que la causan. Por otro lado, definir la situación problemática estructurada ha implicado concatenar todos los elementos que integran la situación, describiendo y analizando todo el sistema, considerando los registros históricos de situaciones pasadas y recogiendo las necesidades, aspiraciones y expectativas de los diferentes grupos de interés, contribuyendo a formar una imagen que muestra la estructura, los procesos, los eventos relevantes y las interrelaciones entre todos los elementos involucrados observándose cómo las variables, en cada fase de la cadena de valor del GLP, se relacionan e interactúan afectando su abastecimiento.

Palabras clave: Dinámica de sistemas, sistemas blandos, metodología blanda de dinámica de sistemas, situación estructurada, generadores de riesgos.

SOFT SYSTEM DYNAMICS METHODOLOGY APPLIED TO THE SUPPLY OF LIQUEFIED PETROLEUM GAS (LPG)

Abstract. This article contributes searching for a sustainable solution to the supply of LPG. A little research has been done in Peru regarding the supply of LPG; it is focused on the analysis of the energy matrix, LPG distribution for vehicles, Government pricing policy or supply sources. The lack of studies that carry out an analysis of the causes or the interrelation between different factors can affect the normal supply of this fuel. An analysis of the problematic situation following the soft system dynamics methodology allows an adequate definition of the problem and events generating of risks that are presented in the LPG Supply. As a result of its application, defining the unstructured problematic situation has included the situation description where events and circumstances are observed without having any kind of structure, arising as the occurrence of the LPG shortage without having a clear idea of the real factors that cause it. On the other hand, defining the structured problematic situation has involved concatenating all the elements that integrate the situation describing and analyzing the whole system, considering historical records of past situations and collecting needs, aspirations and expectations of the different stakeholders, contributing to form an image of the situation that shows the structure, processes, relevant events and interrelations between all the elements involved. Thus, it is observed how the variables in the phases of the value chain of the LPG are related and interact affecting their supply.

Keywords: Supply of LPG, system dynamics, soft systems, soft system dynamics methodology, structured situation, risk generators.

Introducción

El artículo muestra que, utilizando el concepto de seguridad energética y su variación temporal, es posible aportar al estudio del abastecimiento de combustibles como el Gas Licuado de Petróleo (GLP) haciendo uso de la metodología de dinámica de sistemas blandos (Rodríguez-Ulloa, R. A., Montbrun, A. y Martínez-Vicente, S., 2011; Rodríguez-Ulloa, R. A., Martínez, S., Dyner, I., Pardo-Figueroa, J., Huaytán, V., Cárdenas, W., Navarro, J. y Gonzáles, A., 2015). Esta investigación constituye una referencia para otros estudios sobre suministro de combustibles que garanticen la seguridad energética. Además, contribuye a un análisis de los beneficios de utilizar una metodología que considera los pensamientos propios de cada grupo de interés involucrado, directa o indirectamente, y relacionarlos con las diferentes variables que actúan en toda la cadena de valor.

La seguridad de abastecimiento de GLP, particularmente para el Perú, es un asunto de carácter político y socio económico que mueve intereses de agentes económicos y de la ciudadanía, que busca contar con un combustible de fácil acceso y a precios asequibles. El desabastecimiento, residencial y vehicular, genera conflictos sociales que motivan el estudio de su cadena de valor identificando la contribución de cada variable involucrada.

La seguridad energética, seguridad de suministro o de abastecimiento, identifica la existencia de criterios y enfoques con gran diversidad conceptual. En los casos estudiados se percibe la seguridad energética como la disponibilidad de energéticos que satisface la demanda de manera sostenible y a precios razonables.

La cantidad de referencias científicas y de agencias internacionales que se ocupan de la seguridad energética es un indicador sobre la preocupación por la confiabilidad y la facilidad de acceso a la energía considerando las alzas de precios o los problemas de suministro. El interés, bajo este contexto, es el de encontrar estrategias de mediano y largo plazo al estudiar el contexto externo e interno de un país. El contexto externo incluye la posible interrupción del acceso a la energía por

eventos geopolíticos al estar sometidos a riesgos que pueden originarse en el lugar de producción o en camino al punto de entrega. Así, la interrupción del abastecimiento del GLP puede originarse en la planta de procesamiento de gas natural o durante su transporte (buque o camión cisterna). El reto es encontrar medios y grupos de interés que logren un balance de energéticos y ubicaciones geográficas, que permitan equilibrar niveles mínimos de seguridad con costos adecuados.

La figura 1 muestra que, de la planta de procesamiento de Malvinas, ubicada en el Cusco, sale un ducto de gas natural seco (GNS) y un poliducto que transporta líquidos de gas natural (LGN). En su trayecto hacia Lima, el GNS sufre una primera compresión en la estación de Kepashiato y una segunda compresión en la estación de Chiquintirca para llegar finalmente al City Gate ubicado en el distrito de Lurín - Lima. Cabe indicar que, desde la estación de Chiquintirca sale una derivación que llega a la planta de licuefacción de Pampa Melchorita (Chincha - Ica) desde donde el gas natural licuefactado (GNL) es exportado. El LGN es procesado en la planta de fraccionamiento de Pisco (Ica), donde se produce GLP, Nafta y Medium Distillate for Blending Stock (MDBS). El GLP es transportado hacia Lima por vía marítima y hacia el sur mediante camiones cisterna.



Figura 1. Trazo de los ductos de gas natural seco y líquidos de gas natural

Nota: Fuente: Osinergmin

Un hecho importante ocurrió en julio del 2010, cuando se generó un desabastecimiento parcial, principalmente en Lima, debido a los fuertes oleajes que impedían la descarga de GLP en los terminales de dos empresas abastecedoras de este combustible. Otro ocurrió durante los primeros meses del 2015, por acontecimientos relacionados a la producción de GLP, como la rotura del ducto de LGN en el trayecto de Malvinas a Pisco; las operaciones de mantenimiento en uno de los pozos de producción de gas natural condensado y la existencia de periodos de oleaje anómalo que determinaron cierre de puertos. Estos hechos demostraron que la capacidad de almacenamiento existente en las plantas de abastecimiento y la obligación de mantener inventarios medios y mínimos de seguridad de GLP no eran factores suficientes para garantizar su abastecimiento. Había que tomar acciones para afrontar este problema.

El estudio identificó aspectos que generan alternativas para resolver un problema real y se enmarcó en la investigación aplicada y explicativa. El diseño fue cuantitativo, no experimental, longitudinal y tendencial al analizar cambios a través del periodo 2000-2015. La validez externa se consiguió generalizando los resultados a situaciones similares de aseguramiento de suministro de energéticos y la validez interna se consiguió cuando los resultados, adecuadamente analizados e interpretados, mostraron la relación existente entre las variables y observando el efecto de otras variables no involucradas sobre las variables dependientes.

Desde la complejidad, se adoptó una visión fenomenológica, hermenéutica y sistémica, analizando la producción, transporte y procesamiento de gas natural considerando la participación humana, determinante de las decisiones que afectan el abastecimiento; encontrando cómo cada parte de los procesos involucrados se relaciona e interactúa dentro del problema proponiendo diversas estructuras dinámicas que explicarían el comportamiento anómalo real causante del desabastecimiento. Se identificó todos los factores y riesgos asociados que se constituyen como variables, directa o indirectamente, involucradas en la situación.

Además, se abrió un horizonte de investigación utilizando la Metodología de Dinámica de los Sistemas Blandos (Soft System Dynamics Methodology) que analiza escenarios del comportamiento de las variables a través del tiempo. El análisis que sigue esta metodología ha definido adecuadamente el problema, las situaciones de conflicto o factores críticos del abastecimiento de GLP, así como ha identificado las restricciones y alternativas de solución. El estudio puede complementar el trabajo realizado por los funcionarios del Estado encargados de elaborar políticas; sin embargo, como limitación, el estudio no contempla la evaluación de los requerimientos para la implantación de políticas.

Método

El análisis de la situación del abastecimiento de GLP, siguiendo la metodología permite una adecuada definición del problema y los eventos generadores de riesgos presentados. Esta metodología, utilizada como soporte para expandir y estructurar las formas de pensamiento al intervenir en problemas complejos, permite observar cómo muchos elementos interactúan entre sí; considerando que, a más elementos y mayores interacciones, mayor será el incremento de la complejidad. Por tanto, una metodología que fue desarrollada inicialmente para la resolución de problemas de gestión en las organizaciones ha demostrado ser útil en el análisis de problemas muy complejos que afectan a la sociedad.

La metodología de los sistemas blandos (Soft System Methodology, SSM), publicada por primera vez en 1981, fue desarrollada por Peter Checkland desde inicios de la década del 60 en la Universidad de Lancaster en el Reino Unido; pertenece al grupo de metodologías de investigación de operaciones blandas tomando en cuenta la cosmovisión de los diferentes involucrados identificados en la problemática (Rodríguez Ulloa et. al, 2005, Rodríguez Ulloa, et. al, 2012; Rodríguez Ulloa, et. al, 2015). En sus inicios, fue utilizada como herramienta de modelamiento; posteriormente, se utilizó como instrumento de aprendizaje y desarrollo de conocimiento. Mediante ciertas reglas y principios de sistemas se estructuran pensamientos relativos al mundo real y desarrollan modelos que contengan elementos descriptivos y normativos, que permitan manejar procesos para actuar organizadamente y reaccionar ante cualquier cambio en las acciones.

En la metodología, se asume que cada persona ve el mundo en función de su cultura, tradiciones, entorno familiar, entorno geográfico, formación y entorno académico, entre otros aspectos; por tanto, cada uno comprende y evalúa de manera distinta cada situación generando ideas y propuestas de solución diferentes ante un mismo problema. Estas ideas son recogidas y sujetas a discusión, negociación, argumentación y validación, dando lugar a alternativas de solución. Su filosofía sostiene que las personas tienen diferentes puntos de vista, sobre la misma situación generando el “problema” de saber quién tiene la razón; presentándose el concepto de pluralidad y la necesidad de aceptar que hay “problemas” relevantes con la interrogante de qué se debe hacer para evaluar los diferentes puntos de vista antes de tomar una decisión y desarrollar un proceso de intervención.

El análisis que Checkland realizó estudiando los sistemas sociales y sus dinámicas lo llevó a concluir que hay dos paradigmas en el pensamiento de sistemas; el paradigma duro, en el que el mundo real es sistémico, de forma que las metodologías que se usan para investigar la realidad son metodologías sistemáticas. El paradigma blando es el que muestra al mundo real como un mundo donde el proceso de investigación y las metodologías pueden ser sistémicas involucrando una transferencia de la sistematización a la investigación dentro del mundo interpretativo de cada involucrado en una situación determinada.

La metodología de los sistemas blandos involucra cuatro principios importantes: aprendizaje, cultura, participación y modos de pensamiento, de forma que un proceso de investigación constituye un sistema de aprendizaje para alcanzar acciones organizadas ante un escenario de ideas y eventos cambiantes que interactúan permanentemente. Este aprendizaje comprende la percepción, análisis y evaluación de los eventos antes de decidir y tomar acciones que luego generan nuevas percepciones, evaluaciones y acciones emergentes, constituyendo un ciclo continuo donde los avances son decididos en términos de importancia, factibilidad cultural y conveniencia sistémica. Es decir, se gana experiencia generando conocimiento que conduce a tomar acciones con objetivos definidos en diversas situaciones y cuyos resultados generan nuevas experiencias que, a su vez, generan nuevo conocimiento llegando a establecer un ciclo de experiencia-acción. Esto se replica en el entorno observado o, se ve afectado negativa o positivamente por el resultado de esas acciones, entrando a su propio ciclo de experiencia-acción.

Esta metodología permite estudiar un problema del mundo real, de manera no estructurada, desarrollando modelos conceptuales que se ajustan a una situación con muchos objetivos y múltiples perspectivas. Luego, desarrolla perspectivas específicas construyendo modelos conceptuales a ser comparados con los del mundo real. Esta comparación podría iniciar un debate que conduzca a una decisión para una acción con un propósito definido que mejore la parte de la vida real que está bajo análisis.

Es necesario precisar que los problemas estructurados, bien definidos y que se pueden formular explícitamente (el qué) utilizan un lenguaje que establece la disponibilidad de una teoría (el cómo), sustento de sus soluciones y sobre la cual se está de acuerdo; mientras que, un problema no estructurado (situación problemática) no se puede formular de manera explícita si no se encuentra una forma simple de hacerlo. Éste no tiene objetivos claramente definidos contándose con diferentes puntos de vista, no es comprendido o no se tiene claro cuál es el problema (el qué); entonces, debe definirse el qué antes de poder encontrar el cómo. Aquí es donde entra la metodología de los sistemas blandos para tratar de estructurar una situación

no estructurada y lograr que, de las múltiples ideas sobre la situación, se logre un acuerdo a fin de encontrar una solución o una mejora de ésta.

En resumen, de acuerdo con Van Mullekom (2000), la metodología apoya el objetivo de resolver o introducir mejoras en diferentes situaciones complejas al activar un ciclo de aprendizaje continuo entre la gente involucrada en la situación. Este aprendizaje es un proceso iterativo, de ensayo y error, usando conceptos de sistemas para reflexionar y debatir las percepciones obtenidas del mundo real, llevando a cabo una acción sobre él y reflexionando sobre los sucesos que se produjeron por el uso de estos conceptos. La reflexión y el debate se estructuran mediante la asunción de algunos modelos sistémicos en virtud de que no se conoce totalmente la situación problemática. El proceso puede representarse según la figura 2.

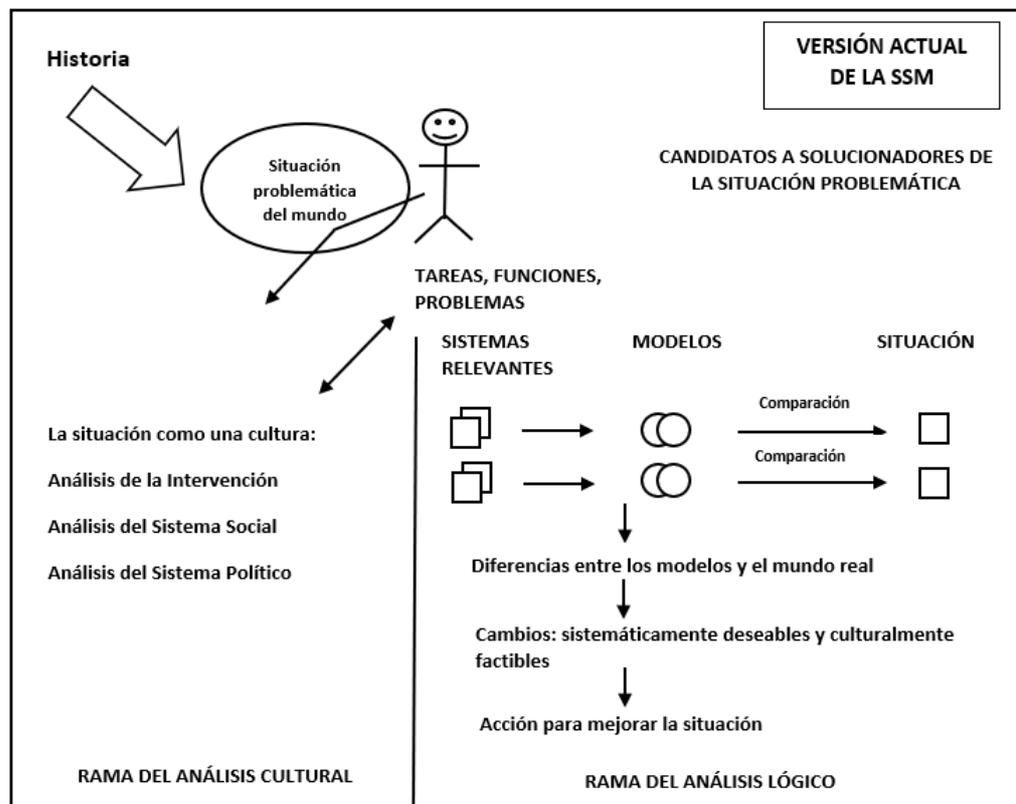


Figura 2. El proceso de la Metodología de los Sistemas Blandos

Nota: Fuente: Metodología de Sistemas Suaves. M. Paz Acosta. Curso Metodología de los Sistemas Blandos. Rodríguez (2017)

La metodología se representa en siete estadios que no necesariamente se realizan en el orden indicado, algunos están orientados al mundo real y otros, al conceptual. La figura 3 muestra el modelo que, según Van Mullekom (2000), en los dos primeros estadios se realiza una búsqueda organizada para encontrar situaciones en las que se debe establecer las estructuras, los procesos y sus relaciones. En términos estructurales, se evalúa jerarquías de poder, comunicaciones formales e informales, entornos geográficos u otros; en términos de procesos, se analiza aquellas actividades básicas que podrían ser parte de una toma de decisiones, resultados, efectos y algún tipo de acción correctiva que dieron lugar.

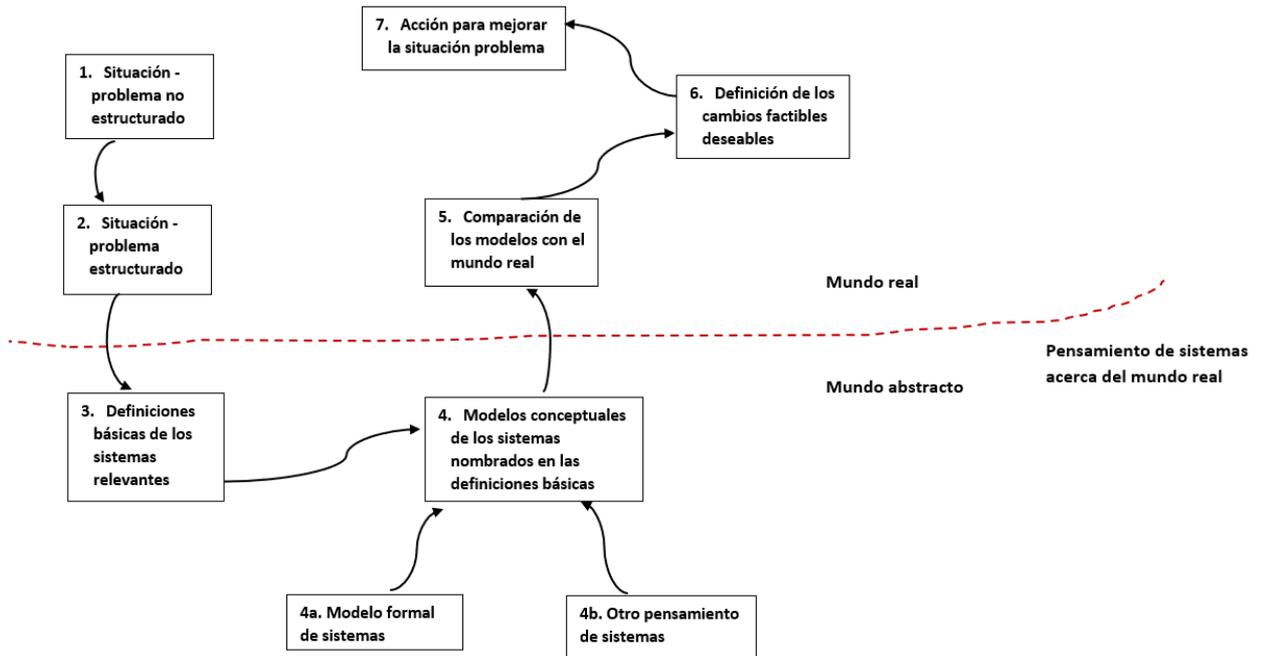


Figura 3. Modelo convencional de los sistemas blandos de 7 estadios

Nota: Fuente: La Sistémica, los Sistemas Blandos y los Sistemas de Información. Rodríguez (1994).

La figura 4 muestra el cuadro pictográfico que ilustra algunos riesgos, eventos e impactos involucrados en la problemática del abastecimiento de GLP que son recogidos durante los dos primeros estadios.

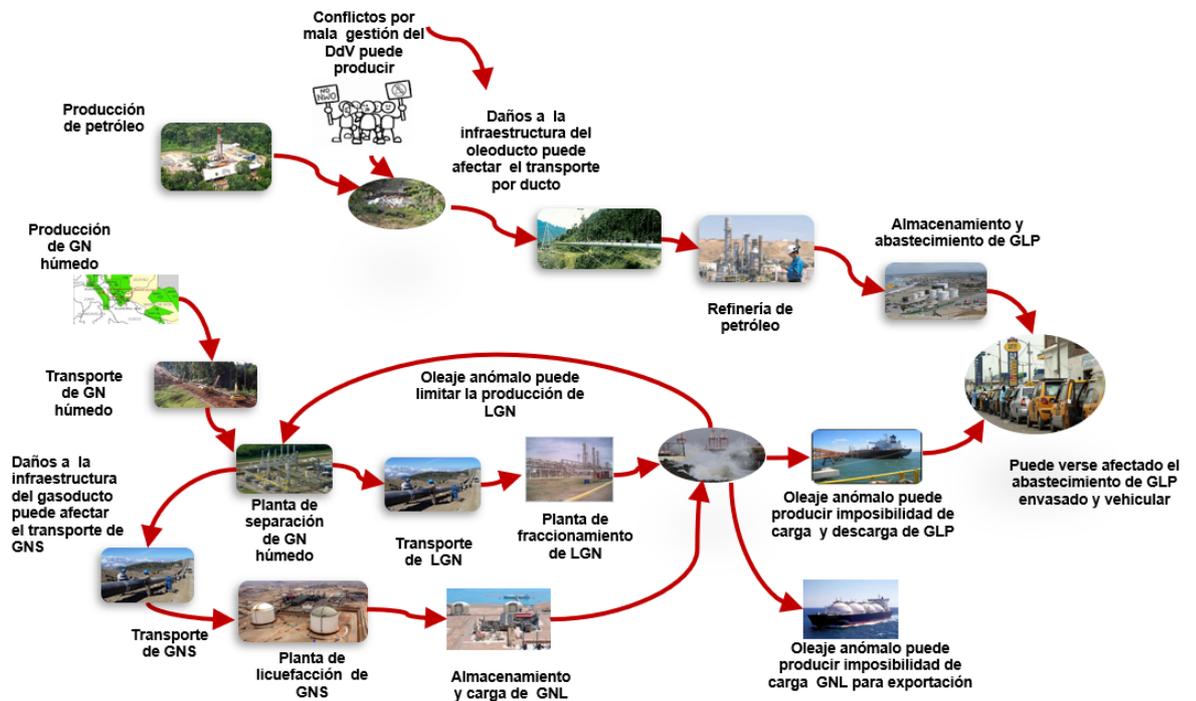


Figura 4. Cuadro pictográfico de riesgos, eventos e impactos

Nota: Elaboración propia

En los estadios 3 y 4, se desarrollan las definiciones básicas y sus correspondientes modelos conceptuales bajo una búsqueda organizada de situaciones problemáticas para luego elegir la que se resolverá. Esta situación contiene un modelo por cada punto de vista observado y cómo debe ser tratado éste. Cada modelo constituye una definición básica. Estos modelos no representan el mundo real y generan una estructura de debate de cómo cada grupo de interés percibe la realidad. Luego, estas definiciones básicas se transforman en modelos cualitativos, conceptuales, de sistemas de actividad con propósitos definidos.

Para verificar que una definición básica ha sido elaborada apropiadamente, se contrasta con un análisis CATWDE, en la que **C** representa a los clientes, quienes son afectados negativa o positivamente por la transformación; **A**, representa a los actores que llevan a cabo la transformación; **T** identifica la transformación a realizarse; **W**, es la Weltanschauung o cosmovisión, la forma como cada persona percibe las cosas en función de sus patrones culturales, formación, entorno u otros aspectos que influyen en cada individuo y que justifica la transformación; es decir, cada observador tiene una interpretación; **D**, corresponde a los dueños quienes tienen el poder de autorizar o detener la transformación y, finalmente, **E** se refiere al entorno. La tabla 1, muestra algunos ejemplos de sistemas relevantes generados por cada Weltanschauung.

Tabla 1.
Definiciones básicas

Grupos de interés		Weltanschauung	Sistema relevante orientado al problema
Clientes	Comunidades indígenas	Creencia de que los proyectos de exploración y explotación de recursos energéticos dañan el ecosistema de sus comunidades dentro de las áreas de influencia y sus propiedades.	Sistema de actividad humana orientado a afectar negativamente las actividades agrícolas y pesca, principal fuente de sobrevivencia, mediante la exploración y explotación del GN.
	Osinerghmin	Creencia de que Osinerghmin no es responsable de la normativa en la industria de Gas Natural, por lo cual no tiene que proponer normativa adecuada para la supervisión, fiscalización y regulación del GN.	Sistema de actividad humana orientado a mantener propuestas normativas respecto a la seguridad y calidad de servicio en la industria del Gas Natural, que no permiten una adecuada supervisión, fiscalización y regulación.
Actores	Perupetro	Creencia de que Perupetro debe supervisar los contratos y evaluar los pronósticos de producción de GN y GLP además de la vida útil de los yacimientos a partir de la evaluación continua del nivel de reservas de GN	Sistema de actividad humana orientado a conseguir nuevas inversiones en proyectos de GN, en función de los pronósticos de producción y evaluación de reservas.
	Empresas operadoras	Creencia de que los niveles de exploración y explotación del GN son los adecuados para aprovechar la explotación integral y sostenible del GN.	Sistema de actividad humana orientado a mantener los niveles de exploración y explotación.

Dueños	Estado	Creencia de que el nivel de inversión actual en la oferta de GN es conveniente, pese a que la demanda de GN aumentará en los próximos años.	Sistema de actividad humana orientado a mantener los niveles de inversión en GN, sin considerar que la demanda de GN aumentará en los próximos años, en virtud del programa de masificación y las necesidades de crecimiento económico del país.
	Empresas operadoras	Creencia de que la normativa debe actualizarse para promover la inversión en exploración y asegurar reservas de GN para el futuro.	Sistema de actividad humana orientado a mantener la inexistencia de un marco legal y social que permita mayores inversiones en la fase de exploración en lotes de GN.

Nota: Elaboración propia.

La definición básica desarrollada dará lugar al mapeo de los eventos y sus riesgos involucrados. Para el caso investigado, el sistema relevante es: “atender el requerimiento nacional de GLP de manera eficiente, segura y sostenible”, siendo su Definición Básica: “Un sistema de actividad humana eficiente y eficaz, que tiene por objeto atender el requerimiento nacional de GLP de manera segura y sostenible a través de una política de precios e incentivos a la producción y las inversiones”. A esta definición básica se le realiza el análisis CATWDE.

En el quinto estadio, los modelos conceptuales son comparados con el mundo real, resultando en propuestas de cambios que generen acciones para mejorar, aliviar o resolver la situación problemática. En el sexto estadio, se define y propone cómo serán las acciones (cambios) a implementarse (culturalmente factibles y sistémicamente deseables); y, en el séptimo estadio, se realiza la implementación.

Resultados

La SSM basada en la ingeniería de sistemas para la solución de problemas tecnológicos de gran complejidad, en sus inicios estuvo orientada a los sistemas de pensamiento duros en los que se define claramente el problema por resolver sin cuestionamientos sobre lo planteado; sin embargo, al requerirse la solución de problemas relacionados a políticas resulta poco adecuado al no considerar los elementos subjetivos e interpretativos de los individuos; desarrollándose el enfoque del pensamiento blando al considerar que cada individuo tiene una percepción personal, una visión particular de lo que pasa a su alrededor.

En este estudio, se presenta la ocurrencia del desabastecimiento de GLP sin tener una idea clara de los factores reales que lo causan. La situación problemática estructurada implica concatenar todos los elementos que integran la situación describiendo y analizando todo el sistema, considerando los registros históricos de situaciones pasadas y recogiendo las necesidades, aspiraciones y expectativas de los diferentes grupos de interés. Esto contribuirá a formar una imagen de la situación sobre la que pueda visualizarse la estructura, los procesos, los eventos relevantes y las interrelaciones entre todos los elementos involucrados.

Una visión sistémica muestra cómo cada variable de la cadena de valor del GLP se relaciona e interactúa. Dentro de este contexto y haciendo uso de las relaciones causales, se identificaron, en primer lugar, los eventos generadores de riesgos (humanos y no humanos) en cada una de las etapas de la cadena de valor de gas natural y la de alguna etapa de otra cadena de valor interrelacionada con la de gas

natural, como es la de los hidrocarburos líquidos; en segundo lugar, se determinó relaciones de causalidad.

Dentro de los eventos peligrosos generadores de riesgos de tipo humano están aquellos del contexto interno o del entorno en los que se han presentado dichos eventos. Los del contexto interno pueden estar relacionados con los incumplimientos de normas y procedimientos, buenas prácticas, calidad de servicio, estado de insumos y materiales, infraestructura, tecnología, información y/o conocimiento, recursos financieros, entre otros. Estos eventos pueden ser casuales o intencionales, así como ser producto de ciertas fallas causando impactos de diversa índole. Los eventos provenientes del entorno pueden ser producto de atentados, conflictos sociales, falta de seguimiento del comportamiento del mercado, afectación de la imagen institucional, entre otros. Estos eventos pueden ser casuales o intencionales y causar impactos sociales, económicos y políticos.

Dentro de los eventos peligrosos generadores de riesgos de tipo no humano se encuentran aquellos que se producen por efectos naturales y causan grandes impactos. Una vez identificados los eventos generadores de riesgos se hace uso de la metodología blanda de dinámica de sistemas. En una primera etapa, se define la situación no estructurada de la situación problemática recolectando toda la información posible para realizar las acciones para definir la situación estructurada, en la etapa 2.

Como resultado del análisis de las fuentes de información recopilada en forma de situación no estructurada, se identificó una serie de variables relacionadas con la problemática del abastecimiento de GLP. Luego, se procedió a representar toda la información recopilada en un cuadro pictográfico mostrando las relaciones entre los eventos peligrosos (generadores de riesgos), las variables y los riesgos. La figura 5 muestra un cuadro pictográfico en el que se ilustra los efectos e impactos generados por eventos relacionados con el transporte de gas natural, GNS y GLP.

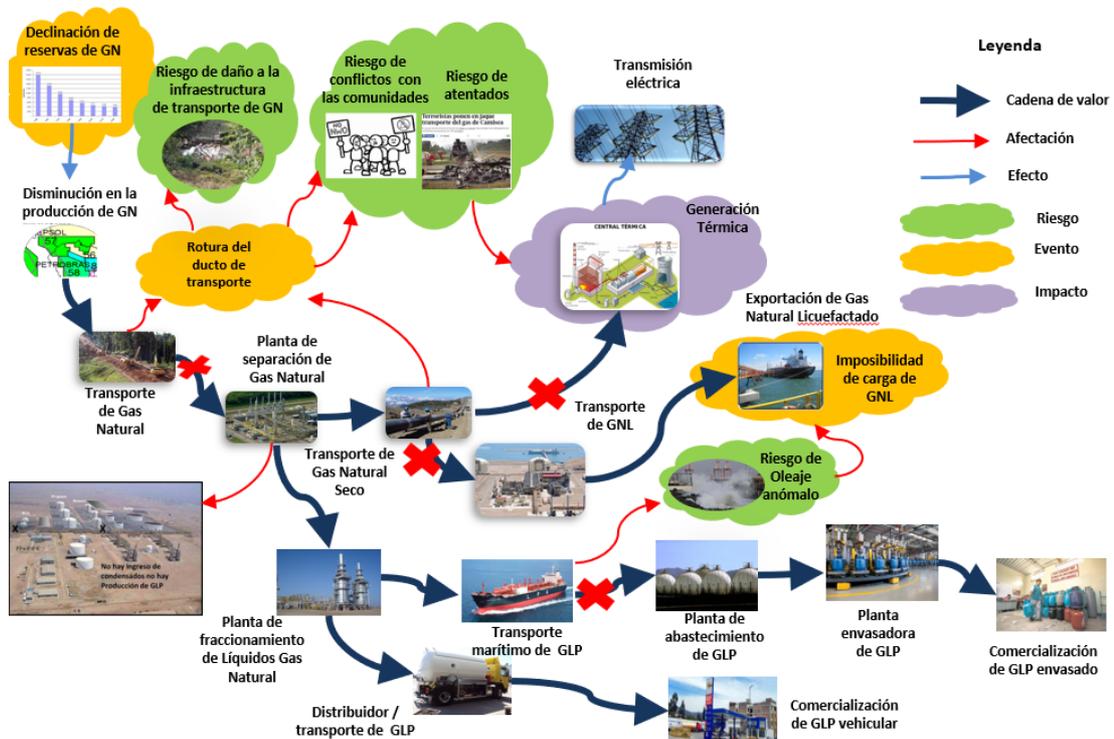


Figura 5. Cuadro pictográfico de eventos y riesgos en el transporte de gas natural

Nota: Elaboración propia

Una vez concluido el análisis de los eventos se elaboró las definiciones básicas orientadas al problema; realizando el análisis de los grupos de interés y definiendo a los Clientes, los Actores y los Dueños. Luego, se procedió a identificar su visión del mundo (cosmovisión o Weltanschauung), el nivel y el tipo de relaciones de poder existentes entre ellos, las cuestiones culturales, la manera cómo perciben el problema y cómo plantean una solución. Estos son los aspectos que hacen que la situación problemática sea difícil de comprender y de establecer propuestas de solución o de mejora. La tabla 2 presenta los grupos de interés, identificados como los de mayor relación con la problemática del abastecimiento de GLP, y sus respectivas cosmovisiones.

Tabla 2
Cosmovisión o Weltanschauung de los Grupos de Interés de mayor relación con el abastecimiento de GLP

Grupo de interés	Cosmovisión o Weltanschauung, creencia de que
Ministerio de Energía y Minas del Perú. Minem	el nivel de inversión actual de las operadoras del sector hidrocarburos líquidos es insuficiente pese a que la mayor necesidad es de gas natural por el potencial aumento de la demanda de GLP.
Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. Osinergmin	Osinergmin no es responsable de la normativa en la industria de gas natural y, por tanto, no tiene que proponer necesariamente, normativa adecuada para la supervisión, fiscalización y regulación del gas natural.
Compañías operadoras de los lotes de gas natural	los niveles de exploración, explotación y procesamiento de gas natural son los adecuados para aprovechar el desarrollo integral y sostenible de esta industria
Compañías operadoras de los ductos de transporte de gas natural y de líquidos de gas natural	al incrementar las operaciones de transporte de gas natural, con los sistemas actuales, se incrementarán los riesgos y pérdidas por roturas de los ductos de gas natural y líquidos de gas natural
Plantas de procesamiento de gas natural	los niveles de procesamiento de líquidos de gas natural son adecuados para aprovechar el desarrollo integral y sostenible del abastecimiento de GLP
Refinerías que producen GLP	los niveles de procesamiento de petróleo son los adecuados para aprovechar el desarrollo integral y sostenible del abastecimiento de GLP
Plantas de abastecimiento de GLP	la capacidad de almacenamiento de GLP de las plantas es insuficiente para el desarrollo integral y sostenible del abastecimiento de GLP
Importadores de GLP	los niveles de procesamiento de petróleo y gas natural son insuficientes para atender la demanda nacional de GLP
Centrales de generación de electricidad	manteniendo las fuentes tradicionales de generación eléctrica, el Perú podrá mantener un crecimiento y desarrollo sostenible.
Ministerio de Ambiente. Minam	la exploración y explotación de Gas Natural genera conflictos sociales y ambientales
Inversionistas Nacionales	no existe un marco legal y social adecuado para aumentar inversiones en explotación de gas natural y producción de GLP
Inversionistas Extranjeros	no existe un marco legal y social adecuado para desarrollar inversiones en explotación de gas natural y producción de GLP
Comunidades indígenas	proyectos de exploración y explotación de petróleo y gas natural impactan las áreas naturales afectando la agricultura y la pesca, principal fuente de alimentación e ingresos.
Usuarios finales de GLP	los niveles de procesamiento de petróleo y gas natural son suficientes para atender la demanda nacional de GLP

Nota: Elaboración propia

La situación problemática requiere que cada grupo de interés plantee un proceso de transformación, como se ilustra en la tabla 3.

Tabla 3

Cosmovisión de los Grupos de Interés de mayor relación con el abastecimiento de GLP y los Sistemas Relevantes Orientados al Problema

Grupo de interés	Cosmovisión o Weltanschauung, creencia de que	Sistema Relevante Orientado al Problema. Sistema de actividad humana orientado a,
Minem	el nivel de inversión actual de las operadoras del sector hidrocarburos líquidos es insuficiente pese a que la mayor necesidad es de gas natural por el potencial aumento de la demanda de GLP.	aumentar los niveles de inversión en hidrocarburos líquidos, pese a que la mayor necesidad y demanda de GLP hará aumentar la necesidad de GN en los próximos años por necesidades de crecimiento económico del país
Osinergrmin	Osinergrmin no es responsable de la normativa en la industria de gas natural y, por tanto, no tiene que proponer necesariamente, normativa adecuada para la supervisión, fiscalización y regulación del gas natural.	mantener propuestas normativas respecto de la seguridad y calidad de servicio en la industria de gas natural, que no permiten una adecuada supervisión, fiscalización y regulación.
Compañías operadoras de los lotes de gas natural	los niveles de exploración, explotación y procesamiento de gas natural son los adecuados para aprovechar el desarrollo integral y sostenible de esta industria	desaprovechar la explotación íntegra y sostenible del gas natural
Compañías operadoras de los ductos de transporte de gas natural y de líquidos de gas natural	al incrementar las operaciones de transporte de gas natural, con los sistemas actuales, se incrementarán los riesgos y pérdidas por roturas de los ductos de gas natural y líquidos de gas natural	incrementar las pérdidas de gas natural y líquidos de gas natural como producto de las roturas en los ductos de transporte.
Plantas de procesamiento de gas natural	los niveles de procesamiento de líquidos de gas natural son adecuados para aprovechar el desarrollo integral y sostenible del abastecimiento de GLP	mantener los niveles de procesamiento de líquidos de gas natural ante la creencia de contar con las reservas suficientes de líquidos de gas natural.
Refinerías que producen GLP	los niveles de procesamiento de petróleo son los adecuados para aprovechar el desarrollo integral y sostenible del abastecimiento de GLP	mantener los niveles de procesamiento de petróleo ante la creencia de contribuir a atender la demanda de GLP en un elevado porcentaje.
Plantas de abastecimiento de GLP	la capacidad de almacenamiento de GLP de las plantas es insuficiente para el desarrollo integral y sostenible del abastecimiento de GLP	aumentar la capacidad de almacenamiento de GLP en puntos estratégicos del país.
Importadores de GLP	los niveles de procesamiento de petróleo y gas natural son insuficientes para atender la demanda nacional de GLP	incrementar los niveles de importación de GLP, por vía marítima y terrestre.
Centrales de generación de electricidad	manteniendo las fuentes tradicionales de generación eléctrica, el Perú podrá mantener un crecimiento y desarrollo sostenible.	usar el GN para la generación de energía eléctrica.

Minam	la exploración y explotación de gas natural genera conflictos sociales y ambientales.	aumentar los conflictos socio - ambientales producidos por las actividades relacionadas con el gas natural.
Inversionistas Nacionales	no existe un marco legal y social adecuado para aumentar inversiones en explotación de gas natural y producción de GLP	mantener la inexistencia de un marco legal y social que permita una inversión más fluida en exploración de GN.
Inversionistas Extranjeros	no existe un marco legal y social adecuado para desarrollar inversiones en explotación de gas natural y producción de GLP	mantener la inexistencia de un marco legal y social que permita desarrollar inversiones en explotación del GN
Comunidades indígenas	proyectos de exploración y explotación de petróleo y gas natural impactan las áreas naturales afectando la agricultura y la pesca, principal fuente de alimentación e ingresos.	afectar negativamente las actividades agrícolas, principal fuente de ingresos y de sobrevivencia, mediante exploración y explotación de petróleo y del GN.
Usuarios finales de GLP	los niveles de procesamiento de petróleo y gas natural son suficientes para atender la demanda nacional de GLP	adquirir mayor cantidad de GLP del necesario por temor a quedarse sin combustible.

Nota: Elaboración propia

En este punto, se elaboró definiciones básicas de los procesos de transformación del mundo real, desde cada cosmovisión de los grupos de interés. Ver tabla 4.

La elaboración correcta de las definiciones básicas se basa en el análisis del CATWDE, mejorando a través de procesos de retroalimentación permanente.

Tabla 4
Definición básica y los elementos que la definen

Grupo de interés	Cosmovisión o Weltanschauung, creencia de que	Sistema Relevante Orientado al Problema, sistema de actividad humana orientado a	Definición básica. Sistema de actividad humana
Minem	el nivel de inversión actual de las operadoras del sector hidrocarburos líquidos es insuficiente pese a que la mayor necesidad es de gas natural por el potencial aumento de la demanda de GLP.	aumentar los niveles de inversión en hidrocarburos líquidos, pese a que la mayor necesidad y demanda de GLP hará aumentar la necesidad de GN en los próximos años por necesidades de crecimiento económico del país	Del Minem y Perupetro, orientado a promover las inversiones en hidrocarburos, especialmente en gas natural. Este proceso, ejecutado por el Minem y Perupetro, ocurre bajo la creencia de que el aumento de las inversiones en exploración y descubrimiento de nuevos yacimientos de gas natural condensado con la subsecuente explotación permitirá cubrir la demanda creciente de GLP para beneficio de la comunidad peruana y de las comunidades nativas por una mayor distribución del

			<p>canon gasífero reduciendo los conflictos sociales.</p>
Osinerghmin	<p>Osinerghmin no es responsable de la normativa en la industria de gas natural y, por tanto, no tiene que proponer necesariamente, normativa adecuada para la supervisión, fiscalización y regulación del gas natural.</p>	<p>mantener propuestas normativas respecto de la seguridad y calidad de servicio en la industria de gas natural, que no permiten una adecuada supervisión, fiscalización y regulación.</p>	<p>Pertenciente a la Presidencia de Consejo de Ministros, Minem y Osinerghmin orientado a proponer normas respecto de la seguridad y calidad de servicio en la industria de Gas Natural, para permitir una adecuada supervisión, fiscalización y regulación de precios.</p> <p>Este proceso, ejecutado por Osinerghmin, considera la creencia de que no se cumplirá con las metas de cubrir la demanda nacional de GLP, a causa del mantenimiento de normas que desalientan las inversiones en ampliación y modernización de plantas y ampliación de capacidad de almacenamiento de GLP a no ser que los entes normativos cubran los vacíos legales existentes.</p>
Compañías operadoras de los lotes de gas natural	<p>los niveles de exploración, explotación y procesamiento de gas natural son los adecuados para aprovechar el desarrollo integral y sostenible de esta industria</p>	<p>desaprovechar la explotación íntegra y sostenible del gas natural</p>	<p>Orientado a evitar que se desaproveche la explotación íntegra y sostenible del gas natural.</p> <p>Este proceso será ejecutado por compañías operadoras de los lotes de gas natural</p>
Compañías operadoras de los ductos de transporte de gas natural y de líquidos de gas natural	<p>al incrementar las operaciones de transporte de gas natural, con los sistemas actuales, se incrementarán los riesgos y pérdidas por roturas de los ductos de gas natural y líquidos de</p>	<p>incrementar las pérdidas de gas natural y líquidos de gas natural como producto de las roturas en los ductos de transporte.</p>	<p>Orientado a incrementar el volumen de operaciones de transporte de gas natural en beneficio de las comunidades de Camisea (Cusco) o perjudicando a comunidades dentro del área de influencia del derecho de vía.</p> <p>Este proceso será ejecutado por empresas transportadoras de gas natural; se lleva a cabo bajo la posibilidad del aumento de sabotajes y conflictos con las comunidades; el otorgamiento de licitaciones sin un adecuado estudio previo de suelos generando</p>

	gas natural		un trabajo deficiente al momento de instalar los ductos de transporte del GN y LGN; aumento de deslizamientos por fenómenos naturales; contaminación ambiental y considerando la creencia de que al incrementar el volumen de operaciones de transporte de gas natural puede incrementarse las pérdidas por roturas o tomas de instalaciones.
Plantas de procesamiento de gas natural	los niveles de procesamiento de líquidos de gas natural son adecuados para aprovechar el desarrollo integral y sostenible del abastecimiento de GLP	mantener los niveles de procesamiento de líquidos de gas natural ante la creencia de contar con las reservas suficientes de líquidos de gas natural.	<p>Orientado a evitar desaprovechar la oportunidad de ampliar sus instalaciones para elevar los niveles de procesamiento de líquidos de gas natural provenientes de otras fuentes.</p> <p>Este proceso será ejecutado por los inversores nacionales o extranjeros bajo la supervisión de Osinergmin.</p>
Refinerías que producen GLP	los niveles de procesamiento de petróleo son los adecuados para aprovechar el desarrollo integral y sostenible del abastecimiento de GLP	mantener los niveles de procesamiento de petróleo ante la creencia de contribuir a atender la demanda de GLP en un elevado porcentaje.	<p>Orientado a aumentar los niveles de procesamiento de petróleo pesado ante la creencia de contribuir a atender la demanda de GLP en un elevado porcentaje.</p> <p>Este proceso será ejecutado por los inversores nacionales o extranjeros bajo la supervisión de Osinergmin.</p>
Plantas de abastecimiento de GLP	la capacidad de almacenamiento de GLP de las plantas es insuficiente para el desarrollo integral y sostenible del abastecimiento de GLP	aumentar la capacidad de almacenamiento de GLP en puntos estratégicos del país.	<p>Orientado a aumentar la capacidad de almacenamiento de GLP sin considerar otros puntos estratégicos del país.</p> <p>Este proceso será ejecutado por los inversores nacionales o extranjeros bajo la supervisión de Osinergmin</p>
Importadores de GLP	los niveles de procesamiento de petróleo y gas natural son insuficientes para atender la demanda nacional de GLP	incrementar los niveles de importación de GLP, por vía marítima y terrestre.	<p>Orientado a incrementar los niveles de importación de GLP por vía marítima y terrestre sin considerar la posibilidad de consumir la producción nacional.</p> <p>Este proceso será ejecutado por los inversores</p>

			nacionales o extranjeros. Orientado a usar GN para la generación de la energía eléctrica. Este proceso será ejecutado por los inversores nacionales o extranjeros bajo la supervisión de COES y Osinergmin.
Centrales de generación de electricidad	manteniendo las fuentes tradicionales de generación eléctrica, el Perú podrá mantener un crecimiento y desarrollo sostenible.	usar el GN para la generación de energía eléctrica.	
Mínim	la exploración y explotación de gas natural genera conflictos sociales y ambientales.	aumentar los conflictos socio - ambientales producidos por las actividades relacionadas con el gas natural.	Este proceso será ejecutado por Gobiernos Locales y Regionales, Comunidades Indígenas y la Población del área de influencia directa, ONG ambientalistas, Minam. Se lleva a cabo bajo la implantación de políticas de libre mercado con rigurosidad en los estudios ambientales, en contratos estatales de GN evitando la creación de conflictos sociales a causa de la contaminación de la flora, la fauna, aire, ríos, tierra; y considerando creencia de que la explotación de GN genera conflictos sociales y ambientales.
Inversionistas Nacionales	no existe un marco legal y social adecuado para aumentar inversiones en explotación de gas natural y producción de GLP	mantener la inexistencia de un marco legal y social que permita una inversión más fluida en exploración de GN.	Orientado a promover la existencia de un marco legal y social que permita una inversión más fluida en la exploración del GN. Este proceso será ejecutado por el Minem.
Inversionistas Extranjeros	no existe un marco legal y social adecuado para desarrollar inversiones en explotación de gas natural y producción de GLP	mantener la inexistencia de un marco legal y social que permita desarrollar inversiones en exploración del GN	Orientado a promover la existencia de un marco legal y social que permita mayor inversión en exploración de GN evitando la utilización de normativa de un contexto distinto al peruano. Este proceso será ejecutado por el Minem.
Comunidades indígenas	proyectos de exploración y explotación de petróleo y gas natural impactan las áreas naturales afectando la agricultura y la pesca, principal fuente de	afectar negativamente las actividades agrícolas, principal fuente de ingresos y de sobrevivencia, mediante exploración y explotación de petróleo y del GN.	Orientado a evitar afectar negativamente las actividades agrícolas, principal fuente de ingresos y de sobrevivencia, mediante la exploración y explotación de petróleo y del GN.

	alimentación e ingresos.	Este proceso será ejecutado por el Ministerio de Cultura, Ministerio de Agricultura, Minem, Minam.
Usuarios finales de GLP	los niveles de procesamiento de petróleo y gas natural son suficientes para atender la demanda nacional de GLP	Orientado a satisfacer la demanda de GLP evitando el acaparamiento y la especulación.

Nota: Elaboración propia

Una vez definidos estos aspectos, se establece modelos conceptuales orientados al problema que indican cómo realizar la transformación requerida para resolver la problemática. Esto implica generar actividades para el logro de la transformación por cada tipo de grupo de interés. Concluida la tarea de elaborar los modelos se identifica los verbos que definirán las actividades centrales de los grupos involucrados. Estos verbos, con sus respectivas actividades, se agrupan en concordancia con significados semejantes y en actividades únicas, establecidas por consenso, produciéndose un modelo de tarea primaria tentativo en el que se establece el sistema de actividad humana orientado a generar una transformación, identificando al dueño del proceso, así como a los actores, víctimas y beneficiarios.

Discusión

Un modelo tentativo de tarea primaria sería el sistema de actividad humana orientado al gas natural, implicando explorar un lote, confirmar un hallazgo, explotar el yacimiento, producir los pozos, transportar el gas natural a las plantas de procesamiento, producir y distribuir el GLP y otros productos derivados del gas natural o transformarlo en productos de mayor valor; afectando negativamente el equilibrio ecológico de las regiones donde se realiza la explotación del gas natural; con desaprovechamiento de la oportunidad de avanzar en la integración, seguridad y bienestar de las comunidades mediante un manejo ágil, proactivo, creativo, racional, ético y sostenible de esta industria. Esto llevaría a una utilización ineficaz e ineficiente del canon gasífero además del incumplimiento de otras metas relacionadas con el desarrollo de este energético y el avance en obras de infraestructura vial, educación y salud. Asimismo, la aparición de barreras burocráticas debido a una normativa inapropiada; bajos niveles de inversión requeridos en la explotación del gas natural y su impacto en la generación eléctrica.

De acuerdo con el sistema de actividad humana, este proceso pertenece a Osinergmin, al Minem, al Minam, a los inversionistas nacionales y extranjeros, a las empresas operadoras que explotan el gas natural, principalmente. Los beneficiarios de este proceso son las empresas que explotan el gas natural, los inversionistas nacionales y extranjeros, los gobiernos locales y regionales, las empresas proveedoras de los gobiernos locales, las poblaciones del área directa e indirecta de influencia de la explotación del gas natural y las comunidades, entre otros. Como víctimas se considera a la flora, fauna, suelos, aire, ríos y poblaciones del área de influencia directa e indirecta, así como las comunidades nativas. Los principales actores de este proceso son las empresas que explotan el gas natural, Osinergmin, el Minem, el Minam, los gobiernos locales y regionales.

El proceso ocurriría bajo la implantación de una política de libre mercado evitando el detrimento de la rigurosidad de los estudios ambientales en los contratos

estatales de gas natural; la regulación inadecuada del desarrollo de la industria del gas natural en todas sus fases como consecuencia de un marco legal desactualizado; la existencia de conflictos sociales e inequidad.

Este modelo de tarea primaria debe ser validado contra la cosmovisión, el sistema relevante, la definición básica y el modelo conceptual, orientados al problema, por todos los grupos de interés involucrados, a fin de evaluar la consistencia; comprobada la coherencia, pasa a constituirse como el modelo de tarea primaria confirmado y validado. Una evaluación a partir de este modelo permite desarrollar los diagramas de contexto, los diagramas causales y los modelos de dinámica de sistemas orientados al problema; a partir de éstos, se confeccionan los diagramas de Forrester, estableciendo indicadores para llegar a modelos de simulación de diferentes escenarios que permiten establecer las variables que requerirán una atención particular utilizando un análisis de sensibilidad apropiado; la complejidad de esta tarea, amerita desarrollar una investigación más profunda de la situación problemática del abastecimiento de GLP.

Conclusiones

1. La aplicación, incluso parcial, de la metodología de dinámica de los sistemas blandos, mostrando los pasos necesarios para la confirmación de las variables involucradas en la problemática del abastecimiento de GLP, a partir de la cosmovisión de los diferentes grupos de interés, ha permitido evidenciar y sustentar su existencia.
2. Como resultado de la aplicación de esta metodología se ha identificado todos los riesgos que, en caso de materializarse, producirán una interrupción en la producción de LGN y, por lo tanto, una reducción en la producción de GLP afectando su distribución y, como consecuencia, la satisfacción de la demanda.
3. Con la identificación de los riesgos se logra también la de las variables endógenas y exógenas involucradas, cumpliéndose con la finalidad de verificar la existencia de correspondencia con las variables identificadas a partir de la cosmovisión de los grupos de interés.
4. La metodología de la dinámica de los sistemas blandos ha demostrado ser una herramienta de análisis apropiada para detectar variables cuyo nivel de afectación a la problemática puede ser analizada utilizando técnicas de análisis multivariante como el análisis factorial o mediante modelos de ecuaciones estructurales.
5. La aplicación del análisis factorial o el modelamiento de ecuaciones estructurales permite encontrar la interrelación entre las variables y sus respectivos factores de carga, los cuales indicarán la contribución relativa que cada variable hace a la situación problemática.
6. El conocimiento del grado de correlación o relación causal entre las variables, dentro de los diferentes contextos generados a partir de la cosmovisión de los grupos de interés, permite cuantificar y analizar su vinculación, así como su comportamiento respecto del comportamiento de otras variables vinculadas; ello permite predecir con cierto grado de precisión, el valor del impacto de las variables sobre la problemática de abastecimiento de GLP.
7. Conocido todo el sistema, y definidas las unidades de análisis, es posible desarrollar un modelamiento de dinámica de sistemas y un análisis de sensibilidad para efectos de medir los impactos de las variables, en función del tiempo.

Referencias

- Aguirre, L., Galdo, M., Medina, K., Ychikawa, C. (2015) *Gestión de la Energía. Seguridad en el Abastecimiento de Gas Licuado de Petróleo en el Perú* (Tesis de Maestría). Universidad Esan, Perú
- Amésquita, F. y Canelo, J. (2011). *Problemática del Mercado de GLP en el Perú. División de Planeamiento y Desarrollo*. (Documento de trabajo) Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos, Osinergmin.
- División Planeamiento y Desarrollo. Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos. Osinergmin (2015). *Informe situacional de la comercialización del Gas Licuado de Petróleo (GLP) en el Perú*.
- Gerencia de Fiscalización de Gas Natural y Gerencia de Fiscalización de Electricidad. Osinergmin (2011). *Informe de evaluación de impactos por restricciones en el suministro de gas natural*.
- Gerencia de Fiscalización de Gas Natural. Osinergmin (2015) *Informe sobre producción y demanda de GLP*.
- Oficina de Estudios Económicos. (2004). La informalidad y sus manifestaciones en la comercialización de combustibles líquidos en el Perú. *Documento de Trabajo N° 15*.
- Oficina de Estudios Económicos. (2006). La organización económica de la industria de hidrocarburos en el Perú: La comercialización del GLP envasado. *Documento de Trabajo N° 21*
- Oficina de Estudios Económicos. (2012). El aporte de Osinergmin a la investigación sobre la problemática del sector energético y minero.
- Oficina de Estudios Económicos. (2012). Reporte de Análisis Económico Sectorial. Sector Hidrocarburos. Julio 2012
- Peru. Oil & Gas Report. Includes 10 year Forecasts to 2024. BMI Research. A Fitch Group Company. Q3 2015. Retrieved from www.bmiresearch.com
- Pradilla, M. A., Popayán, A. E. y Peña, C. (2013). Cadena del Gas Licuado de Petróleo 2013. *Unidad de Planeación Minero-Energética. Ministerio de Minas y Energía*. Colombia.
- Rincón, L. D. (2014). *Estudio descriptivo y exploratorio sobre la orientación al mercado en un sector regulado* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez, R. A., & Páucar-Cáceres, A. (2005). Soft System Dynamics Methodology (SSDM): Combining Soft Systems Methodology (SSM) and System Dynamics (SD) (2005). *Systemic Practice and Action Research*, 18(3) 303-334. doi: 10.1007/s11213-005-4816-7
- Rodríguez, R. A., Montbrun, A. y Martínez-Vicente, S. (2011) Soft System Dynamics in Action: A study of the Problem of Citizen Insecurity in an Argentinean Province (2011). *Systemic Practice and Action Research* 24:275–323. doi: 10.1007/s11213-010-9187-z.
- Rodríguez, R. A. (2012) *La Sistémica, los Sistemas Blandos y los Sistemas de Información*. Instituto Andino de Sistemas – IAS. Perú. Versión digital. Retrieved from Diplomado Virtual Internacional en Sistémica y Cibernética Organizacional (DISCO – IAS).
- Rodríguez, R., Martínez, S., Dyner, I., Pardo-Figueroa, J., Huaytán, V., Cárdenas, W., Navarro, J. y Gonzáles, A. (2015) Gestión Estratégica Dinámica de Gas Natural a Largo Plazo mediante la Soft System Dynamics Methodology

(SSDM): El Caso Peruano. In *XIII Congreso Latinoamericano y Colombiano de Dinámica de Sistemas*.

Van Mullekom, T. y Vennix J. A. M. (2000). *Structuring managerial problem situations Assessing the suitability of different methodologies*. Retrieved from <http://www.systemdynamics.org/conferences/2000/PDFs/vanmulle.pdf>

Fecha de recepción: 14/06/2019

Fecha de revisión: 26/08/2019

Fecha de aceptación: 30/08/2019