



Índice

I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	2
I.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.	2
I.1.1 Inicio de Operaciones.	4
I.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO.	4
I.3 BASES DE DISEÑO.	8
I.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.	18
I.4.1 Descripción de las Instalaciones.	18
I.4.2 Condiciones de operación.	33
I.4.3 Hojas de Seguridad.	36

Índice de Tablas

Tabla 1 Características del Sistema de distribución.	2
Tabla 2 Coordenadas de los puntos de interconexión.	4
Tabla 3 Condiciones de operación (Flujo y Presión) en la ER Tipo 01 “Cuautla Residencial”.	33
Tabla 4 Condiciones de operación en los gasoductos de la red de distribución “Cuautla Residencial”.	33
Tabla 5 Instalaciones superficiales: Estaciones de Regulación y Medición.	34

Índice de Figuras

Figura 1 Localización del proyecto.	3
Figura 2 Croquis de interconexión del proyecto y localización de ER.	5
Figura 3 Localización Estatal del proyecto.	6
Figura 4 Localización Municipal del proyecto.	7
Figura 5 Clases de Localización del Proyecto.	35



I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

I.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.

El presente proyecto corresponde a la construcción y operación de un Sistema para Distribución de Gas Natural por medio de ductos en la Zona Geográfica de Morelos a cargo de la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.

El proyecto comprende de manera integral la instalación de 101 824.00 m (101.82 km) de tubería distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 1 Características del Sistema de distribución.

Especificaciones de la tubería	Longitud (m)
Gasoducto A.C. DN 100 mm (4") Esp. 0.216"	242.81
Gasoducto HDPE 4710 SDR 11 DN 200 mm (8") Esp. 0.783"	1.71
Gasoducto HDPE 4710 SDR 11 DN 150 mm (6") Esp. 0.602"	9 066.34
Gasoducto HDPE 4710 SDR 11 DN 100 mm (4") Esp. 0.409"	9 092.17
Gasoducto HDPE 4710 SDR 11 DN 80 mm (3") Esp. 0.319"	9 510.49
Gasoducto HDPE 4710 SDR 11 DN 50 mm (2") Esp. 0.216"	59 345.58
Gasoducto HDPE 4710 SDR 11 DN 20 mm (3/4") Esp. 0.094"	14 564.90
Total	101 824.00

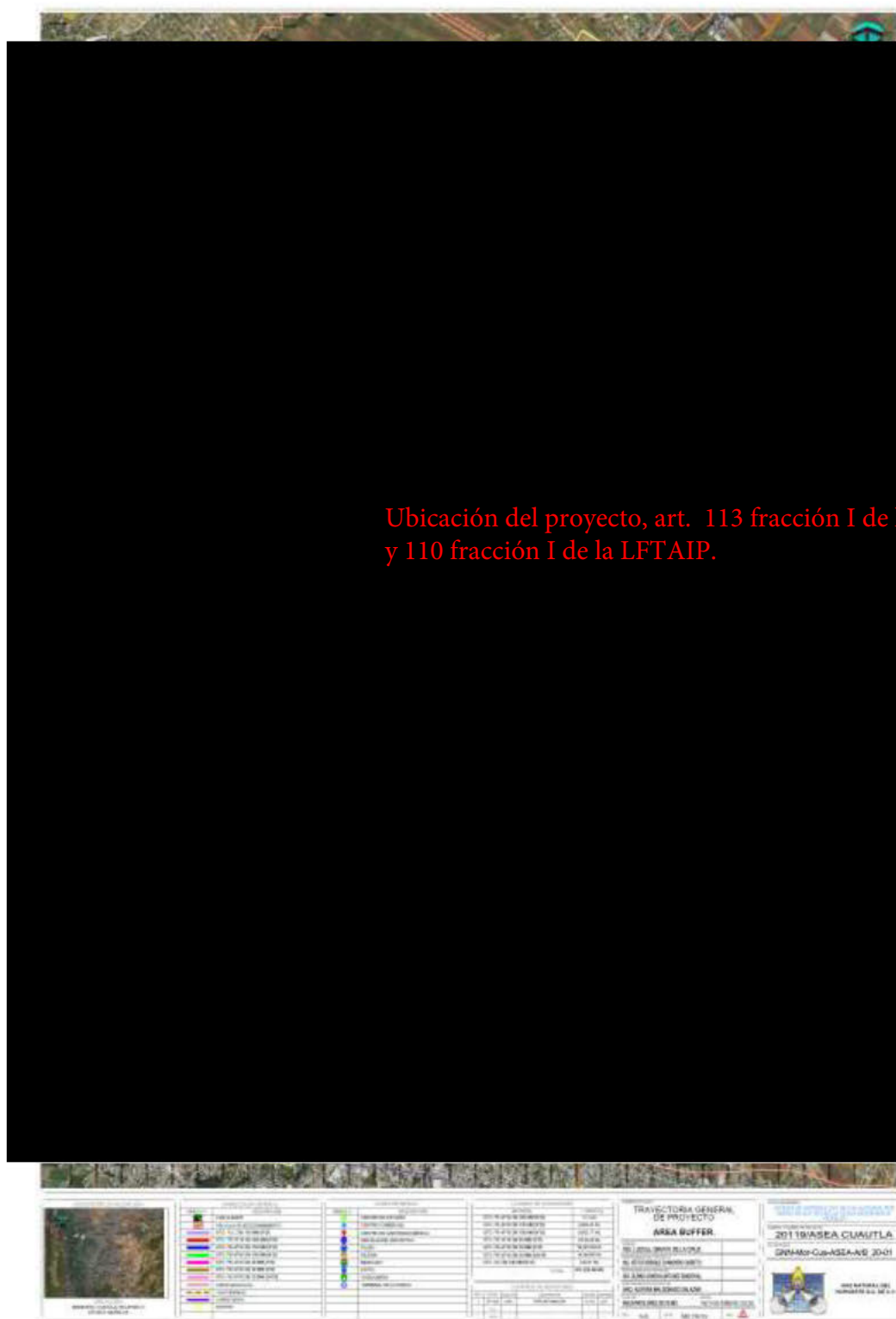


Figura 1 Localización del proyecto.

En el **Anexo 1**, se incluyen los Planos de Localización del Proyecto.



I.1.1 Inicio de Operaciones

Cabe mencionar que, el presente proyecto actualmente se encuentra en operación y su fecha tentativa de inicio de operaciones es en el mes de enero del 2031 una vez que se haya cumplido con todas las autorizaciones solicitadas por la ASEA y el proveedor del Gas Natural.

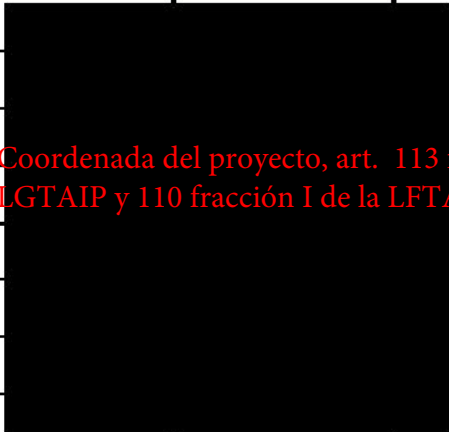
1.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO.

El Sistema para Distribución de Gas Natural (SDGN) se localizará en mayor parte (98%) dentro del municipio Cuautla y solo una pequeña porción (2%) dentro del municipio de Yecapixtla, en el estado de Morelos. (Ver Figuras I.2 y I.3).

Para el abastecimiento del gas natural al sistema de distribución, se contempla realizar un registro de interconexión con un gasoducto existente, del cual se desprenderá un ducto en acero de 4" AC hasta el área donde se localizará una Estación de Regulación (ER) dentro de un registro subterráneo, del cual, se desprenderán los ramales principales para la distribución de gas natural.

A continuación, se indica la localización de los elementos superficiales que conforman el Sistema de Distribución de Gas Natural.

Tabla 2 Coordenadas de los puntos de interconexión.

Registro	Vértice	Coordenadas UTM Zona 14 Q	
		Este	Norte
Interconexión	1		
	2		
	3		
	4		
Estación de Regulación	1		
	2		
	3		
	4		

Coordenada del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP

En el **Anexo 2** se incluyen las coordenadas de los puntos de inflexión correspondientes a los gasoductos que conforman el SDGN.

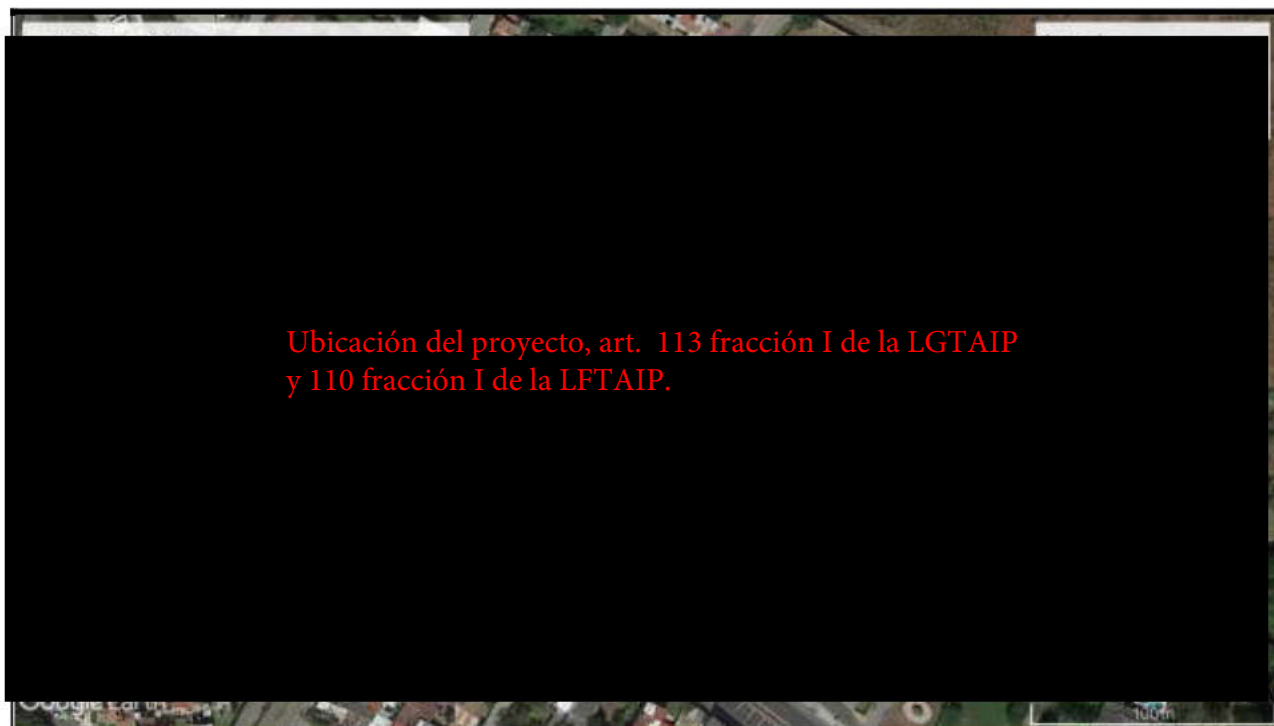


Figura 2 Croquis de interconexión del proyecto y localización de ER.



Estudio de Riesgo (ER)

"Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos"

Estado de Morelos.

I

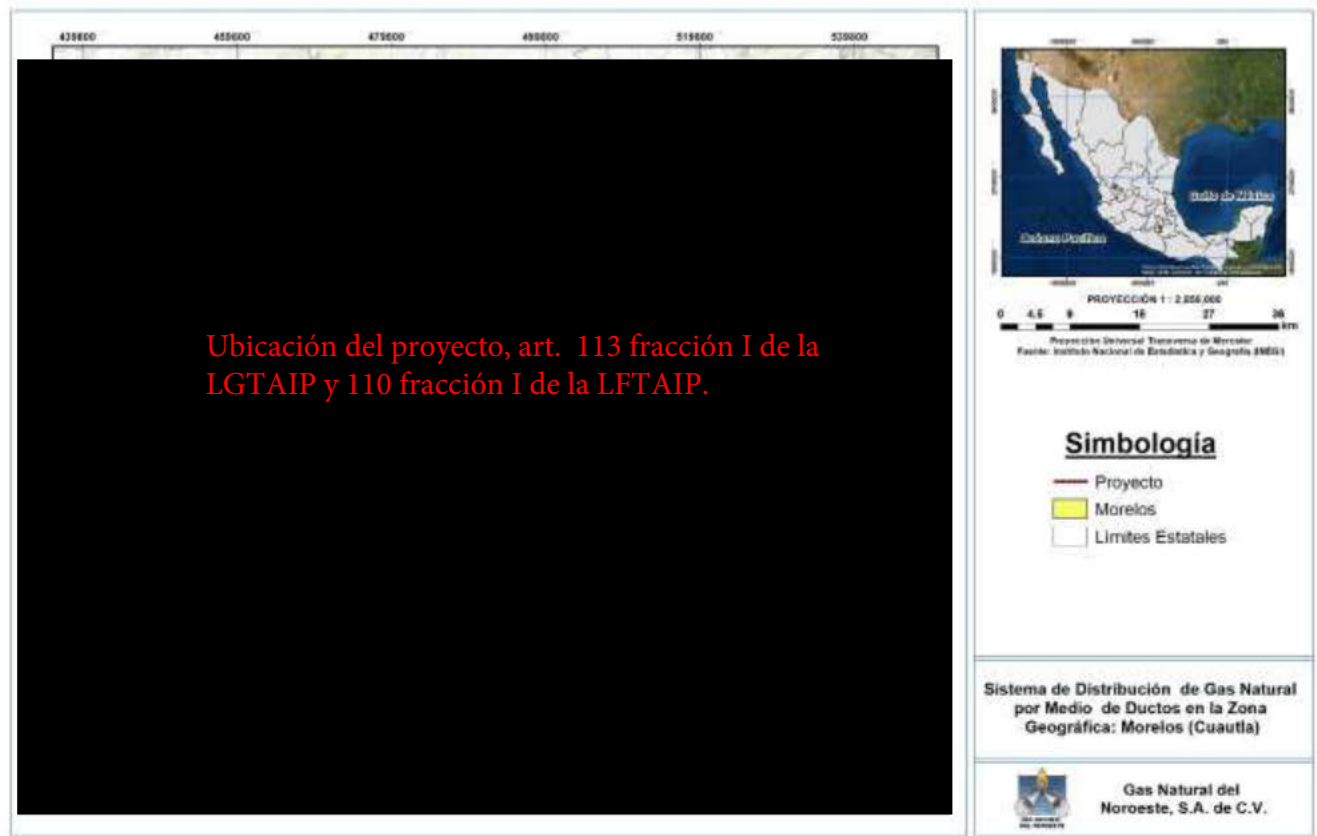


Figura 3 Localización Estatal del proyecto.



Estudio de Riesgo (ER)

“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

Estado de Morelos.

I



Figura 4 Localización Municipal del proyecto.



I.3 BASES DE DISEÑO.

Para el diseño del sistema de distribución de gas natural, se consideraron las siguientes normas y estándares internacionales.

- Servicio de Distribución de Gas Natural de acuerdo a la norma;
 - o NOM-003-ASEA-2016 Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos.
- Calidad del Gas Natural de acuerdo a la norma;
 - o NOM-001-SECRE-vigente. Calidad del gas natural.
- Diseño de Estación de Medición, Regulación y Control de acuerdo a la norma;
 - o NOM-003-ASEA-2016 Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos.
- Diseño de los gasoductos de acuerdo a las normas;
 - o NOM-003-ASEA-2016 Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos.
 - o Código ASME B 31.8 (Sistema de Tuberías de Transporte y Distribución de Gas).
- Unidades de Medición de acuerdo a la norma;
 - o NOM-008-SCFI-2002.
- Accesorios de acuerdo al código;
 - o ASME B16.9 Steel Fitting (Accesorios de Soldaduras a tope).
- Tubería construida bajo los estándares de;
 - o API 5L.

Considerando que las instalaciones de conducción de Gas Natural están regidas por normas, códigos y estándares; la fase de diseño contempla aspectos necesarios para dar seguridad física a los gasoductos troncales y ramales, así como a sus instalaciones tanto de operación como de control.

El diseño de la red de tuberías e instrumentación se encuentra de acuerdo a lo especificado en el código **ASME B 31.8** - Edición 2007 “Sistemas de Transmisión y Distribución de Gas por Tuberías”, el cual es un estándar internacional establecido por la industria de los Estados Unidos de América (EUA).

Aunado a lo anterior, el sistema de distribución de Gas Natural está diseñado y será construido con estricto apego a la **NOM-003-ASEA-2016**, principal regulación aplicada en el desarrollo de una red de transporte de hidrocarburos. Cabe mencionar que, para dar cumplimiento a dicha norma, Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V. deberá ser auditada por una Unidad de Verificación en Gas Natural, misma que evaluará las condiciones de operación de la red de distribución y estaciones de regulación, para dar cumplimiento a las normas establecidas por la ASEA.



El diseño bajo el cual será construida la red para distribución de Gas Natural; así como las estaciones de regulación de Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., involucra los siguientes aspectos:

1. Cargas estáticas a las que esté sometida la tubería.

Se considera la no afectación por cargas externas originadas por suelos inestables, vibraciones mecánicas o sónicas y adición de pesos adicionales a la tubería, como lo son estructuras y edificaciones, principalmente.

2. Cargas dinámicas que afectan a la red.

Se consideran a aquellos cruces especiales por donde pasarán los gasoductos, tales como: cruces carreteros y caminos rurales, los cuales no se verán afectados ni tampoco representarán un riesgo para la integridad física del gasoducto.

3. Presión a que están sujetas las tuberías.

El cálculo del espesor necesario para soportar la presión de operación de la red, fue determinado con la fórmula de Barlow, utilizando factores para la clase de localización 4, en el caso de tuberías metálicas.

4. Corrosión.

La tubería que brindará la alimentación de Gas Natural a las Estaciones de Regulación y Medición ubicadas en las instalaciones de los usuarios finales estará cumpliendo con los requisitos de seguridad y operación establecidos en la **NOM-003-ASEA-2016** Apéndice Normativo II, “Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas”.

5. Esfuerzos debidos a afectaciones exteriores.

Estos factores están considerados por la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., en los procedimientos de diseño utilizados por la empresa en los ductos de la red de distribución.

Además de lo indicado anteriormente, en el diseño de la construcción de la tubería, fueron considerados factores, tales como expansión y contracción térmica de la tubería, vibración, fatiga, cruzamientos y condiciones de cargas especiales, sismos y efectos provocados por los cambios de estación, lluvias, inundaciones y deslaves, principalmente.

Así mismo, los materiales utilizados en este proyecto, cumplen con las siguientes especificaciones:

- Tubería de acero bajo la especificación **API 5L**,
- Tubería utilizada dentro de las estaciones: **API 5L ó ASTM A53**,
- Válvulas de bloqueo y de operación: **API 6D** y partes 192 y 193 del **DOT 49**,
- Bridas y conexiones: **ASME B16.6 y B16.9**,
- Tubos de polietileno para la conducción de Gas Natural y Gas L.P: **NMX-E-043-SCFI-2002**.



La tubería metálica de las estaciones de regulación, deberán cumplir con los requisitos de la **NOM-003-ASEA-2016**, así mismo concuerda con los estándares **ASME-B 31.8 2007** y **DOT 49 CFR** en su parte 192.

Las instalaciones como casetas de regulación y medición de los asociados estarán debidamente resguardadas de agentes externos, mediante bardas perimetrales y/o cercas metálicas con acceso restringido, permitiendo la entrada sólo al personal de la empresa.

Además de lo indicado anteriormente, en el diseño de la construcción de la tubería, fueron considerados factores, tales como expansión y contracción térmica de la tubería, vibración, fatiga, cruzamientos y condiciones de cargas especiales, sismos y efectos provocados por los cambios de estación, lluvias, inundaciones y deslaves, principalmente.

Así mismo, los materiales utilizados en este proyecto, cumplen con las siguientes especificaciones:

- Tubería de transporte y la utilizada dentro de las estaciones: **API 5L ó ASTM A53**,
- Válvulas de bloqueo y de operación: **API 6D** y partes 192 y 193 del **DOT 49**,
- Bridas y conexiones: **ASME B16.6 y B16.9**.

La tubería metálica de las estaciones de regulación deberá cumplir con los requisitos de la **NOM-007-ASEA-2016**, así mismo concuerda con los estándares **ASME-B 31.8 2007** y **DOT 49 CFR** en su parte 192.

La lista de los códigos y normas que se enlistan a continuación son enunciativas y sólo como referencia, en cada uno se aplicó la última edición.

AGA (American Gas Association)

- AGA Report No 3.1 - 2013 - Orifice metering of natural gas and other related hydrocarbon fluids part 1 general equations and uncertainty guidelines - Third Edition
- AGA Report No 3.2 - 2013 - Orifice metering of natural gas and other related hydrocarbon fluids part 2 Specification and Installation Requirements - Fourth Edition

ACI (American Concrete Institute)

- ACI 318 - 2014 Building Code Requirements for Structural Concrete
- ACI 351 3R-04 - 2011 Foundations for Dynamic Equipment

AISC (American Institute for Steel Construction)

- AISC Steel Construction Manual 14th Ed., third printing 2010

AISI (American Iron and Steel Institute)

- Specification for the Design of Cold Formed Steel Structural Members ANSI-S200-07 - 2013

ANSI/AWS (American National Standard Institute/American Welding Society)

- Structural Welding Code D1.1 1998



API (American Petroleum Institute)

- API MPMS 4.1 - 2014 - Proving Systems Section 1 - Introduction
- API MPMS 4.5 - 2011 - Proving Systems Section 5 - Master-Meter Provers
- API MPMS 4.7 - 2009 - Proving Systems Section 7 - Field - Standard Test Measures
- API MPMS 4.8 - 2013 - Proving Systems Section 8 - Operation of Proving Systems
- API MPMS 5.1 - 2011 - General Considerations for Measurement by Meters
- API MPMS 6.1 - 2012 - Lease Automatic Custody Transfer (LACT) Systems
- API MPMS 6.6 - 2012 - Pipeline Metering Systems
- API SPEC 5L - 2012 - Specifications for Line Pipe
- API SPEC 6D - 2014 - Specification for Pipeline Valves (Gate, Plug, Ball, and Check Valves).
- API SPEC 6FA - 2011 - Specifications for Valve Fire Tests
- API MPMS 14.3 - 2013 - Manual of Petroleum Measurement Standards, Chapter 14, Section 3, "Orifice Metering of Natural Gas and Other Related Hydrocarbon Fluids" (ANSI/API 2530) 3.
- API RP-50 - 2013 - Natural Gas Processing Plant Practices for Protection of the Environment.
- API RP-500 - 2012 - Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities
- API RP-520 - 2008 - Recommended Practice for the Sizing, Selection, and Installation of Pressure Relieving Devices in Refineries
- API RP-521 - 2014 - Guide for Pressure-relieving and Depressuring systems
- API RP11 PGT "Recommended Practice for Package Combustion Gas Turbines"
- API STD 526 - 2009 - Flanged Steel Safety-Relief Valves
- API STD 527 - 2014 - Commercial Seat Tightness of Safety Relief Valves with Metal-to-Metal Seats
- API RP 574 - 2009 - Inspection of Piping, Tubing, Valves, and Fittings
- API RP 1113 - 2007 - Developing a Pipeline Supervisory Control Center
- API RP 1165 - 2007 - Recommended Practice for Pipeline SCADA Displays
- API RP 1167 - 2010 - Pipeline SCADA Alarm Management
- API STD.1164 - 2009 - Pipeline SCADA Security
- API STD. 607 - 2010 - Fire Test for Soft Seated Quarter-turn Valves.
- API STD. 598 - 2009 - Valve Inspection and Test
- API STD. 614 - 2008 - Lubrication, Shaft-Sealing & Control-Oil Systems for Special Purpose Applications
- API STD 616 - 2011 - Gas Turbines for Refinery Service
- API STD 617 - 2014 - Centrifugal Compressors for General Refinery Service
- API STD 620 - 2013 - Design, Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks
- API STD 661 - 2013 - Air-Cooled Heat Exchanger for Refinery Service
- API STD 1104 - 2013 -Welding of Pipelines and Related Facilities
- API STD.2000 - 2014 - Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks
- API STD.2530 - 2009 - Manual of Petroleum Measurement Standards, Chapter 14 - Natural Gas Fluids Measurement, Section 3, Orifice Metering Of Natural Gas and Other Related Hydrocarbon Fluids



ASCE/SEI 7-05 American Society of Civil Engineer

ASME (American Society of Mechanical Engineers)

- ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section I – Power Boilers - 2013
- ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII – Pressure Vessels - 2013
- ASME B1.20 – 2006 - Pipe Threads, General Purpose (Inch)
- ASME B16.5 – 2013 - Pipe Flanges and Flanged Fittings
- ASME B16.34 – 2013 - Valves Flanged, Threaded and Welding End
- ASME B16.36 – 2009 - Orifice Flanges
- ASME B16.9 – 2012 Factory-Made Wrought Butt-welding Fittings
- ASME B16.47 – 2011 Large Diameter Steel Flanges
- ASME B16.20 – 2012 Metallic Gaskets for Pipe Flanges: Ring-Joint, Spiral-Wound, and Jacketed
- ASME B31.1 – 2012 - Code for Pressure Piping, Power Piping
- ASME B31.3 – 2012 - Code for Pressure Piping, Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping
- ASME/ANSI B31.8 - 2012 - Gas transmission and distribution systems

ASTM (American Society for Testing and Materials)

- ASTM E230 – 2012 - Standard Temperature EMF (Electromotive Force) Tables for Standardized Thermocouples
- ASTM A-36 - 2014
- ASTM A-992 - 2011

CFR (Code of Federal Regulations)

- 29 CFR1910.94 Part 1910 OSHA (Occupational Safety and Health) – 2002
- 49 CFR Part 192 Transportation of Natural and other Gas by Pipeline - 2011

FCI (Fluid Controls Institute, Inc.)

- FCI 70-2 American National Standard for Control Valve Seat Leakage (formerly ANSI B16.104) - 2006
- FCI 84-1 - Metric Definition of the Valve Flow Coefficient C(v) - 2013

FM (Factory Mutual)

- IEC (International Electrotechnical Commission)
- IEC 61131-1 – 2003 - Programmable controllers part 1: general information.
- IEC 61131-2 - 2007 - Programmable controllers part 2: equipment requirements and test.
- IEC 61131-3 – 2013 - Programmable controllers part 3: programming languages.
- IEC 61131-4 – 2004 - Programmable controllers part 4: user guidelines.
- IEC 801-1 – 1984 - General introduction
- IEC 801-2 – 1991 - Electrostatic discharge requirements.
- IEC 801-3 – 1984 - Radiated electromagnetic field requirements.
- IEC 801-4 – 1988 - Electrical fast transient/burst requirements.
- IEC-62040-1-1 - 2004 - Uninterruptible Power Systems. General and safety requirements for UPS used in operator access area.



- IEC 61508-1 – 2010 - Functional Safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems Part 1: General requirements.
- IEC 61508-2 – 2010 - Functional Safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems Part 2: Requirements for electrical/electronic/programmable electronic safety related systems.
- IEC 61508-3 – 2010 - Functional Safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems Part 3: Software Requirements.
- IEC 61508-4 – 2010 - Functional Safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems Part 4: Definitions and abbreviations
- IEC 61508-5 – 2010 - Functional Safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems Part 5: Examples of methods for the determination of safety integrity levels.
- IEC 61508-6 – 2010 - Functional Safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems Part 6: Guidelines on the application of parts 2 and 3.
- IEC 61508-7 – 2010 - Functional Safety of electrical/electronic/ programmable electronic safety related systems Part 7: Overview of techniques and measures.
- IEC 61511-1 – 2004 - Functional Safety – Safety instrumented systems for the process industry sector. Part 1 Framework, definitions, system, hardware and software requirements.
- IEC 61511-2 – 2004 - Functional Safety – Safety instrumented systems for the process industry sector. Part 2 Guidelines for the application of IEC-61511-1.
- IEC 61511-3 – 2004 - Functional Safety – Safety instrumented systems for the process industry sector. Part 3 Guidance for the determination of the required safety integrity levels.

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

- IEEE 1379 – 2000 - Recommended Practice for Data Communications between Remote Terminal Units and Intelligent Electronic Devices in a Substation
- IEEE 37.1 – 2007 - Standard for SCADA and Automation Systems
- IEEE-80-2000 -Guide for Safety in AC Substation Grounding"
- IEEE 802.3 -2012 Series. Local Area Network Ethernet Standard, including the Gigabit Ethernet Standard

IESS (Intelsat Earth Station Standards)

- Antenna and RF Equipment, Characteristics 207 Standards A, B, F & H (2005) 208 Standards C, E & K (2006)
- Generic Earth Station Standards, Generic Earth Station Standards 601 Standard G (2005)

ISA (Instrument Society of America)

- ISA MC96.1 – 1982 - Temperature Measurement Thermocouples (ANSI MC96.1)
- ISA S5.1 – 2009 - Instrument Symbols and Identification
- ISA S5.2 – 1992 - Binary Logic Diagrams for Process Operations
- ISA S5.3 – 1983 - Graphic Symbols for Distributed Control/Shared Display Instrumentation, Logic and Computer Systems
- ISA S5.4 – 1991 - Instrument Loop Diagrams
- ISA RP12.1 – 2009 - Electrical Instruments in Hazardous Atmospheres



- ISA RP12.4 – 1994 - Instrument Purging for Reduction of Hazardous Area Classification
- ISA RP12.6 – 1995 - Installation of Intrinsically Safe Instrument Systems in Class I Hazardous Location.
- ISA RP12.12 – 1999 - Electrical Equipment for Use in Class I, Division 2, Hazardous (Classified) Locations
- ISA RP16.1, 2,3 – 1959 - Terminology, Dimensions, and Safety Practices for Indicating Variable Area Meters (Rotameters, Glass Tube, Metal Tube, Extension Type Glass Tube).
- ISA RP16.4 – 1960 - Nomenclature and Terminology for Extension Type Variable Area Meters (Rotameters)
- ISA RP16.5 – 1961 - Installation, Operation, Maintenance Instructions for Glass Tube Variable Area Meters (Rotameters).
- ISA S18.1 -2004 - Annunciator Sequences and Specifications
- ISA S20 – 1981 - Specification Forms for Process Measurement and Control Instruments, Primary Elements and Control Valves.
- ISA RP31.1 – 1977 - Specification, Installation, and Calibration of Turbine Flow meters.
- ISA RP42.1 – 1992 - Nomenclature for Instrument Tube Fittings
- ISA RP50.1 – 2002 - Compatibility of Analog Signals for Electronic Industrial Process Instruments
- ISA S51.1 - 1993 - Process Instrument Terminology 21.ISA RP60.3 Human Engineering for Control Centers
- ISA RP60.6 - 1984 - Nameplates, Labels and Tags for Control Centers
- ISA RP60.8 - 1978 - Electrical Guide for Control Centers
- ISA RP60.9 - 1981 - Piping Guide for Control Centers
- ISA RP71.01 - 1985 - Environmental Conditions for Process Measurement and Control Systems; Temperature and Humidity
- ISA RP71.04 - 1985 - Environmental Conditions for Process Measurement and Control Systems, Airborne Contaminants
- ISA RP74.01 - 1984 - Application and Installation of Continuous-Belt Weighbridge Scales.
- ISA S75.01 – 2002 - Flow Equations for Sizing Control Valves
- ISA S75.03 – 1992 - Face-to-Face Dimensions for Flanged Globe-Style Control Valve Bodies
- ISA S75.04 – 1995 - Face-to-Face Dimensions for Flangeless Control Valves
- ISA RP75.05 – 2005 - Control Valve Terminology
- ISA RP75.06 – 1981 - Control Valve Manifold Designs
- ISA S75.08 – 2007 - Installed Face-to-Face Dimensions for Flanged Clamp or Pinch Valves
- ISA S75.12 – 1993 - Face-to-Face Dimensions for Socket Weld-End and Screwed-End Globe-Style Control Valves (ANSI classes 150, 300, 600, 900, 1500 and 2500)
- ISA S75.14 – 1993 - Face-to-Face Dimensions for Butt Weld-End Globe-Style Control Valves
- ISA S75.15 – 1994 - Face-to-Face Dimensions for Butt Weld-End Globe-Style Control Valves (ANSI classes 150, 300, 600, 900, 1500 and 2500)
- ISA S75.16 – 1994 - Face-to-Face Dimensions for Flanged Globe-Style Control Valve Bodies (ANSI classes 900, 1500 and 2500)
- ISA RP75.17 – 1989 - Control Valve Aerodynamic Noise Prediction
- ISA RP75.19 – 2007 - Hydrostatic Testing of Control Valves



- ISA RP75.21 – 1996 - Process Data Presentation for Control Valves
- ANSI/ISA-84.00.01-2004 Part 1 Functional Safety: Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector - Part 1: Framework, Definitions, System, Hardware and Software Requirements.
- ANSI/ISA-84.00.01-2004 Part 2 Functional Safety: Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector - Part 2: Guidelines for the Application of ANSI/ISA-84.00.01-2004 Part 1 (IEC 61511-1 Mod) – Informative
- ANSI/ISA-84.00.01-2004 Part 3 Functional Safety: Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector - Part 3: Guidance for the Determination of the Required Safety Integrity Levels – Informative
- ISA TR84.00.02 PART 1 – 2002 - Safety Instrumented Functions (SIF) - Safety Integrity Level (SIL) Evaluation Techniques Part 1: Introduction
- ISA TR84.00.02 PART 2 – 2002 - Safety Instrumented Functions (SIF) - Safety Integrity Level (SIL) Evaluation Techniques Part 2: Determining the SIL of a SIF via Simplified Equations
- ISA TR84.00.02 PART 3 – 2002 - Safety Instrumented Functions (SIF) - Safety Integrity Level (SIL) Evaluation Techniques Part 3: Determining the SIL of a SIF via Fault Tree Analysis
- ISA TR84.00.02 PART 4 – 2002 - Safety Instrumented Functions (SIF) - Safety Integrity Level (SIL) Evaluation Techniques Part 4: Determining the SIL of a SIF via Markov Analysis
- ISA TR84.00.02 PART 5 – 2002 - Safety Instrumented Functions (SIF) - Safety Integrity Level (SIL) Evaluation Techniques Part 5: Determining the PFD of SIS Logic Solvers via Markov Analysis
- ISA TR84.00.03 – 2002 - Guidance for Testing of Process Sector Safety Instrumented Functions (SIF) Implemented as or within Safety Instrumented Systems (SIS)
- ISA TR84.00.04 PART 1 – 2005 - Guidelines for the Implementation of ANSI/ISA-84.00.01-2004
- ISA TR84.00.04 PART 2 – 2005 - Example Implementation of ANSI/ISA-84.00.01-2004
- ISA TR84.00.07 – 2010 - Guidance on the Evaluation of Fire, Combustible Gas and Toxic Gas System Effectiveness

ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones)

- K.27 ITU-T – 1996. Recommendation. Bonding Configurations and Earthing Inside a Telecommunication Building
- P.530-7 ITU-R – 1997. Recommendation. Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems

NACE (National Association of Corrosion Engineers)

- NACE SP0169-2013 (formerly RP0169) Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems.

NESC (National Electrical Safety Code)

- ANSI/EIA/TIA-606 Administración de Infraestructura de Telecomunicaciones en edificios comerciales - 1993
- J-STD-607-A Estándar de requerimientos de tierra y conexión a tierra en edificios comerciales para Telecomunicaciones
- ISO/IEC 11801 Cableado genérico para áreas de clientes – 2002.



- ANSI/EIA/TIA-568C Estándar para Cableado de Telecomunicaciones en edificios comerciales - 2014.
- ANSI/EIA/TIA-569C Estándar para espacios y canalizaciones de cableado de Telecomunicaciones en edificios comerciales – 2012.

NFPA (National Fire Protection Association)

- NFPA 68 – 2013 - Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting
- NFPA 69 – 2014 - Standard on Explosion Prevention Systems
- NFPA 72 – 2013 - National Fire Alarm and Signaling Code
- ANSI/NFPA 75 – 2013 - Standard for the Protection of Electronic Computer Data Processing Equipment
- NFPA 79 – 2011 - Electrical Standard for Industrial Machinery
- ANSI/NFPA 70 – 2014 - National Electric Code (NEC)
- NFPA 780 – 2014 Standard for the Installation of Lightning Protection Systems.
- NFPA 496 – 2013 - Purged Enclosures for Electrical Equipment

NMX (Normas Mexicanas)

- NMX-I-108-NYCE-2006 Telecomunicaciones – Cableado – cableado Estructurado – puesta A tierra en sistemas de Telecomunicaciones.
- NMX-I-248-NYCE- 2008 Cableado estructurado genérico - Cableado de telecomunicaciones para edificios comerciales - Especificaciones y métodos de prueba.
- NMX-I-279-NYCE-2009 Cableado – cableado Estructurado – Canalización y espacios Para cableados de Telecomunicaciones en Edificios comerciales.

NTS Normas Técnicas Complementarias del Distrito Federal Ed. 2004 (sismo, viento, construcción de cimentaciones, criterios y acciones, estructuras metálicas, concreto y mampostería), y Normas Técnicas Complementarias Diseño y Ejecución Instalaciones Hidráulicas.

SATMEX (Satélites Mexicanos)

- Estándares para la operación de servicios de comunicación vía satélite versión 1.0

TIA/EIA (Telecommunications Industry Association/ Electronic Industries Alliance)

- ANSI/TIA/EIA - 568-B - 2001. Commercial Building Telecommunications Cabling Standard
- ANSI/TIA/EIA – 607 – 1995. Commercial Building Grounding and Bonding Requirements for Telecommunications
- ANSI/TIA/EIA-222-G – 2006. Structural Standards for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures



UL (Underwriters Laboratories)

ISO International Building Code

- ISO 3977-9 – 1999 Part 9 Gas Turbines – Procurement – Reliability, availability, maintainability and safety.

En el **Anexo 2**, se incluye la ingeniería del Proyecto, que incluye las Memorias de cálculo de la ER y Gasoductos.



I.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

I.4.1 Descripción de las Instalaciones.

El proceso consiste en la recepción de gas natural desde el gasoducto de 12” AC Propiedad de GNN, el cual será acondicionado en la Estación de Regulación Tipo 1 (ER) para posteriormente ser suministrado al sistema de distribución que abastecerá a la Zona Geográfica de Morelos, principalmente a las zonas habitacionales y comercios existentes.

A) Filosofía de operación de la Estación de Regulación Tipo 1 (ER) “Cuautla Residencial”.

El gas natural entrara a la ER por medio de un tubo de 4” Ø de acero API 5L X42 esp. 7/32. Donde en su extremo va conectada una brida de cuello soldable de 4” de Ø tipo RF en ANSI 300 que se une con una brida de cuello soldable de 4” de Ø tipo RF en ANSI 300, entre estas bridas se encuentra una junta aislante para proteger la ER de cualquier tipo de corriente eléctrica proveniente de tubo de 4” Ø.

Aguas abajo de las bridas se llega al extremo lateral de una tee de 4” X 4” X 4” de Ø de acero al carbón en cedula 40, la cual se identificara como Tee 1, posteriormente del otro extremo lateral de la Tee 1 se deriva un BY-PASS este se tiene de forma horizontal, el cual se describirá más adelante, por el extremo central de la Tee 1 se deriva hacia el tren de Filtración y Regulación, por lo que posterior a la Tee 1 de este mismo extremo se une a una válvula esfera bridada de 4” de Ø, con la cual se asciende de forma vertical, posterior a esta válvula se une un Filtro filterfab C4-740F con conexiones bridadas de 4”Ø en ANSI 300, este filtro utilizara cartuchos desechables que retienen las partículas sólidas y liquidas de 0.3 micras y mayores, con eficiencia de 99.99%.

En la salida del filtro se une a una brida de cuello soldable de 4” de Ø tipo RF en ANSI 300, posteriormente se une un codo soldable de 4” de Ø por 90°, el cual en su otro extremo se conecta a una reducción soldable 4” x 3” de acero al carbón, está por su otro extremo se une a una brida de cuello soldable de 3” Ø tipo RF en ANSI 300, posterior a la cual se conecta un regulador de 3” de Ø con conexiones bridadas en ANSI 300 FG 17-35 con válvulas de corte automático (slam shut) para corte en alta y baja presión llamado (regulador monitor), operado con un piloto, el cual es utilizado para vigilar el desempeño del regulador trabajador FG 17-35, (regulador trabajador), para que en caso de falla de éste, el regulador monitor tome el control total de la presión de operación. Enseguida se encuentra el regulador trabajador FG 17-35 operado por un piloto cuya función es la regulación del sistema para entregar el gas a la presión requerida a la salida de la estación.

El Regulador con válvulas de corte automático (monitor) esta calibrado para corte por alta presión a 5.5 Kg/cm² (78.22 Psi), y corte por baja presión calibrado a 3.5 Kg/cm² (49.78 Psi), y el piloto de este regulador calibrado a 4.2 Kg/cm² (59.73 Psi), posterior al slam shut se continua con un Regulador el cual estará en operación regulando a 4 Kg/cm² (56.88 Psi).

Es decir que su funcionamiento será como se describe a continuación, si en fase de regulación llegara a fallar el regulador (trabajador), el regulador No. 1 tomará el control de la presión con el piloto del regulador monitor; La regulación se seguirá realizando, en una sola fase con el regulador 1 bajando la presión a 4.2 Kg/cm² que es la presión del monitor, y el piloto que estaba como monitor pasara a ser el trabajador. Si por encima de eso, de la misma manera fallara el regulador monitor (ahora trabajador) y sobrepase la presión a la cual esta calibrado, la presión seguiría incrementándose hasta alcanzar la



presión a la cual está calibrado el módulo por corte por alta presión 5.5 kg/cm² (78.22 PSI). Ésta automáticamente se accionará para asegurar que no se tenga una sobre presión en todo el sistema y se cortará el flujo de gas a la red general.

Después de la fase de regulación se conecta un codo de 6" Ø x 90° acero al carbón ced. 40. De forma descendente conectado a un carrete, el cual contiene 3 insertos los cuales realizan la función de la señal neumática las cuales van dirigidas hacia los pilotos de los reguladores y hacia el módulo de las válvulas de corte automático, aguas abajo del carrete se encuentra una válvula de mariposa la cual da paso al flujo de gas natural hacia una Tee conocida como Tee 2 donde se direcciona el flujo en posición horizontal a la que se le conecta una brida que dará la salida del gas natural.

Regresando a la Tee 1 de entrada y siguiendo en dirección horizontal, se encuentra el by pass general, el cual entrará en funcionamiento cuando se le estén realizando mantenimientos a los equipos ya sea de filtración y/o regulación; el by pass general está compuesto por una válvula de esfera de paso completo accionada por palanca en conexiones bridadas de 4" Ø tipo RF en ANSI 300 que abre para dejar fluir el gas natural, posteriormente se tiene una válvula de globo accionada por volante en conexiones bridadas de 4" Ø tipo RF en ANSI 300 para controlar el flujo de gas, la cual se une por medio de una brida de 4" Ø tipo RF en ANSI 300 a una reducción 4" x 6" de acero al carbón ced. 40, este en su extremo de 6" se une a un carrete de tubería en el que se encuentra un manómetro para estar controlando el flujo de gas que se esté entregando a la salida de la estación, aguas abajo del carrete, se conecta una tee (TEE 2), por su extremo lateral, la cual se une asimismo por su otro extremo lateral a la brida que da salida al flujo de gas natural a la red general.

ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN (ER):

- Dos Válvulas de esfera de paso completo en acero al carbón de 4" de Ø ANSI 300 bridada RF, accionada por palanca, de tres piezas, guiada, lubricable.
- Filtro Coalescente de 4" de Ø de 90° en ANSI 300 marca FILTER FAB: Modelo C4-740 F con elemento filtrante 415, con estampado ASME.
- Regulador con Slam Shut Mooney con conexiones bridadas RF de 3" ø en ANSI 300 Mod. SG-17 capacidad al 35% ranurados, diafragma 75 durometer, con filtro tipo 30, provisto de piloto serie 20, con resorte color azul rango 25-90 psig, controlador serie 50D (Función Dual), con resorte para corte por baja presión color azul rango 40-90 psig y corte por alta presión color azul rango 40-90 psig, para proteger la instalación por eventos que pueden ocasionar una condición insegura corriente abajo de la ER.
- Regulador Mooney Bridado RF de 3" de Ø en ANSI 300 Mod. FG-17 con platos ranurados al 35%, de la capacidad del regulador, con filtro, provisto de piloto serie 20 con resorte color azul rango de 25-90 psi.
- Válvula de globo 4" de Ø ANSI 300 bridada RF, accionada por volante.
- Válvula de mariposa de acero al carbón de 6" ANSI 150 accionada por palanca.



B) Filosofía de operación de la Red de Distribución.

La red de distribución para Cuautla residencial comenzara a la salida de la estación de regulación, por medio de una transición AC-PE soldable de 8" Ø, a esta se conectará un carrete de 30 cm. de tubería de PE-4710, con codo de 90 x 8 PE-3408 seguido de un carrete de 30 cm, al extremo de este se instalara una válvula de seccionamiento de 8" Ø de PE seguido 0.50 mts de tubería de 8" Ø PE-4710 que es el troncal principal, con una presión manométrica de 4 Kg/cm² la cual se mantendrá disminuirá por efectos de caída de presión para llegar a la regulación para las tomas domiciliarias. Al final del troncal principal de 8" Ø de Pe-4710 se conectara una tee del mismo diámetro seguido de reducción de 8" x 6" Ø una se colocara sobre el extremo lateral y otra sobre el extremo central, seguido de la reducción de colocar un carrete de 30 cm para colocar válvula de seccionamiento de PE 6" Esto para realizar la derivación de sistema hacia el área identificada como Cuautla residencial sur que comprende 8 colonias, y otra para el área identificada como Cuautla residencial norte que comprende 5 colonias, el troncal principal para cualquiera de las 2 etapas (norte y sur) Sera de 6" de PE 4710 donde se realizaran derivaciones hacia las calles de las diferentes colonias, con tuberías de diferentes diámetros, estos pueden ser de 4", 3", 2" Ø, al inicio de estas derivaciones se contarán con válvula de seccionamiento siempre ubicadas dentro de banquetas, para tener fácil acceso y manipulación. Para las derivaciones hacia las calles se debe de contemplar en la mayor medida posible cerrar los circuitos de distribución, para que en caso de emergencia o mantenimiento se pueda seccionar en un área determinada, buscando dejar sin flujo a la menor cantidad de residencias posibles.

Para distribuir a cada una de las residencias de este sistema sin importar cual sea el diámetro donde se interconectara, se colocara un TAPPING TEE de salida ¾" Ø de HDPE, (donde da inicio la descripción hacia toma domiciliaria) que a su vez, está conectada por electro-fusión a una VÁLVULA DE EXCESO DE FLUJO de ¾" Ø de HDPE que se activa por sobre presión, seguida de un COUPLE DE ¾" Ø DE PEHD para su electro-fusión con un tramo de tubería de HDPE de ¾" Ø, en su extremo se une a un Riser roscable de HDPE de ¾" Ø para salir a la superficie del terreno en los límites con la propiedad privada, se une en su extremo roscado con una válvula de esfera de bronce de ¾" Ø con conexiones roscadas, posteriormente colocar un tramo de tubería de cobre tipo "L" DE ¾" Ø en dirección vertical ascendente, el cual es seguido de un regulador de presión de la marca HUMCAR modelo R7-C con una presión de salida de 21 mbar, el cual en su extremo se une a una tubería de cobre tipo "L" de ¾" Ø en forma vertical ascendente, la cual en su extremo se une a un codo de cobre tipo L de 90° x ¾" Ø el cual se une un tramo de tubería de cobre tipo "L" DE ¾" Ø en posición horizontal, seguido de un codo de cobre tipo L de 90° x ¾" Ø el cual se une un tramo de tubería de cobre tipo "L" DE ¾" Ø en posición vertical descendente, que en su extremo inferior se une a una válvula tipo candado de acero roscable marca CHU-CHU que sirve para el corte del suministro del combustible, enseguida de dicha válvula se conecta un medidor de diafragma para gas modelo G1.6. Esto contemplando una casa habitación convencional (boiler y estufa) de ser necesario una presión de salida mayor al promedio se colocara un regulador marca Humcar R-10.



ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA RED DE DISTRIBUCION:

- Válvula de polietileno de 8”, 6”, 4”, 2”, 1” Ø
- Tubería de polietileno 4710 de 8”, 6”, 4”, 2”, 1”, ¾” Ø
- Taping Tee con salida de ¾”.
- Válvula de exceso de flujo de ¾”.
- Riser roscable de HDPE de ¾”.
- Tee Polietileno 3408.

C) Memoria Técnico-Descriptiva del Sistema de Distribución.

DESCRIPCION DEL GASODUCTO PRINCIPAL

Para una mejor revisión de esta sección de la memoria descriptiva, ver el plano Trayectoria General de Proyectos Área Buffer, Cuautla Morelos y Yecapixtla Morelos, numero de plano GNN-Mor-Cua-ASEA-ArB_20-01.

Ducto “A”

En esta zona se instalará gasoductos de Acero al Carbón de 4” de Ø, sobre las siguientes calles:

- [REDACTED]
- [REDACTED]

Ducto de A.C. 4” de Ø como Punto de Inicio A al Punto Final A

En esta zona se instalará gasoducto de Acero al Carbón, en el cadenamamiento 0+000 A Punto Inicial A en las coordenadas UTM ([REDACTED] N) inicia la instalación de tubería de 4” de Ø en dirección Noroeste y en el cadenamamiento 0+002.5 A se ubica la válvula V.S 01 en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N); se continua la instalación de la tubería hasta EL punto de Inflexión P.I. 05 ubicado en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) donde se tiene un cambio de dirección al Noreste y continua la instalación hasta el Punto Final A en el cadenamamiento 0+242.8 A, donde se ubicará Estación de Regulación ER, en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N).

Ducto “B”

Coordenada y Ubicación del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 6” de Ø, sobre las siguientes calles:

- [REDACTED]

Ducto de PEHD. 6” de Ø como Punto de Inicio B al Punto Final B

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamamiento 0+000 B Punto Inicial B en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería



de 6" de Ø en dirección Noreste hasta el Punto Final B en el cadenamiento 0+001.71 B en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N).

Ducto "C"

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 6" de Ø, sobre las siguientes calles:

- [REDACTED] Coordenada y Ubicación del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]

Ducto de PEHD. 6" de Ø como Punto de Inicio C al Punto Final C

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 C Punto Inicial C en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 6" de Ø en dirección Noreste hasta el P.I 15 donde con un cambio de dirección al Suroeste continua la instalación sobre la [REDACTED] hasta llegar al Punto de Inflexión P.I 18, desde ahí continua la instalación en dirección Noreste sobre la antigua [REDACTED] hasta el Punto de Inflexión P.I. 28, desde este punto continua la instalación de la tubería en dirección Noroeste hasta llegar al Cruce carretero CR-CRR-01 donde se cruzará la [REDACTED], desde el Punto de Inflexión P.I.40 continua la instalación de la tubería en dirección Noreste, sobre la marginal de la [REDACTED] hasta el Punto Final C en el cadenamiento 4+007.54 C en las coordenadas UTM ([REDACTED] N). En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2" de diámetro.

Ducto "D"

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 6" de Ø, sobre las siguientes calles:

- [REDACTED]

Ducto de PEHD. 6" de Ø como Punto de Inicio D al Punto Final D

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 D Punto Inicial D en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 6" de Ø en dirección Suroeste, en el cadenamiento 0+206.86 D se ubica el cruce CR-CCR-02 donde se atravesará la [REDACTED], se continua la instalación en dirección Suroeste a través de la [REDACTED] hasta el Punto de Inflexión P.I. 93, donde con un cambio de dirección al Sureste continua la instalación hasta el Punto Final D en el cadenamiento 0+713.05 D en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) en la intersección con la [REDACTED]. En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2" de diámetro.

Ducto "E"

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 6" de Ø, sobre las siguientes calles:



- [REDACTED]
- [REDACTED] Coordinada y Ubicación del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110
- [REDACTED] fracción I de la LFTAIP
- [REDACTED]

Ducto de PEHD. 6" de Ø como Punto de Inicio E al Punto Final E

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 E Punto Inicial E en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 6" de Ø en dirección Este sobre la [REDACTED], en el cadenamiento 0+370.40 E se ubica el cruce CR-CCR-03 donde se cruzará la [REDACTED], desde ahí se continua la instalación en dirección Este hasta el Punto de Inflexión P.I. 107, con un cambio de dirección al Sur continua la instalación de tubería sobre la [REDACTED] hasta el Punto de Inflexión P.I. 109, desde este punto se continua la instalación y en el cadenamiento 0+680.56 E se ubica el cruce CR-CCR-04, desde ahí se continua la instalación sobre la [REDACTED] en dirección Sur hasta el Punto Final E en el cadenamiento 4+348.55 E en las coordenadas UTM ([REDACTED] m E-[REDACTED] m N) en la intersección con la [REDACTED].

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2" de diámetro.

Ducto "F"

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 4" de Ø, sobre las siguientes calles:

- [REDACTED]
- [REDACTED]

Ducto de PEHD. 4" de Ø como Punto de Inicio F al Punto Final F

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 F Punto Inicial F en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 4" de Ø en dirección Noreste sobre la [REDACTED] hasta el Punto de Inflexión P.I. 138, con un cambio de dirección al Noroeste continua la instalación de tubería sobre la [REDACTED] hasta el Punto Final F en el cadenamiento 0+694.35 F en las coordenadas UTM ([REDACTED] E-[REDACTED] m N) en la intersección con la [REDACTED].

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2" de diámetro.

Ducto "G"

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 4" de Ø, sobre las siguientes calles:

- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]



Ducto de PEHD. 4” de Ø como Punto de Inicio G al Punto Final G

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 G Punto Inicial G en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 4” de Ø en dirección Este, en el cadenamiento 0+017.94 G se ubica el cruce CR-CCR-05 donde se cruzará la [REDACTED], desde ahí y manteniendo la dirección continua la instalación sobre la [REDACTED] hasta el Punto de Inflexión P.I. 150, con un cambio de dirección al Suroeste continua la instalación de tubería sobre la [REDACTED], [REDACTED] hasta el Punto Final G en el cadenamiento 2+123.99 G en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) en la intersección con la [REDACTED].

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2” de diámetro.

Ducto “H” **Coordenada y Ubicación del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP**

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 4” de Ø, sobre las siguientes calles:

- [REDACTED]

Ducto de PEHD. 4” de Ø como Punto de Inicio H al Punto Final H

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 H Punto Inicial H en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 4” de Ø en dirección Este, en el cadenamiento 0+019.41 H se ubica el cruce CR-CCR-06 donde se cruzará la [REDACTED], desde ahí y manteniendo la dirección continua la instalación sobre la [REDACTED] hasta el Punto Final H en el cadenamiento 0+415.85 H en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) en la intersección con la [REDACTED].

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2” de diámetro.

Ducto “I”

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 4” de Ø, sobre las siguientes calles:

- [REDACTED]
- [REDACTED]

Ducto de PEHD. 4” de Ø como Punto de Inicio I al Punto Final I

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 I Punto Inicial I en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 4” de Ø en dirección Este, en el cadenamiento 0+020.70 I se ubica el cruce CR-CCR-07 donde se cruzará la [REDACTED], desde ahí y manteniendo la dirección continua la instalación sobre la [REDACTED] hasta el Punto de Inflexión P.I. 195, con un cambio de dirección al Suroeste continua la instalación de tubería sobre la [REDACTED] hasta el Punto Final I en el cadenamiento 1+085.66 I en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) en la intersección con la [REDACTED].

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2” de diámetro.



Ducto “J”

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 4” de Ø, sobre las siguientes calles:

- **Coordenada y Ubicación del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP**
- [REDACTED]

Ducto de PEHD. 4” de Ø como Punto de Inicio J al Punto Final J

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 J Punto Inicial J en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 4” de Ø en dirección Norte sobre la [REDACTED] hasta el Punto de Inflexión P.I. 213, con un cambio de dirección al Suroeste continua la instalación de tubería sobre la [REDACTED] de Correos hasta el Punto Final J en el cadenamiento 0+461.64 J en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) en la intersección con la calle [REDACTED]

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2” de diámetro.

Ducto “K”

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 4” de Ø, sobre las siguientes calles:

- [REDACTED]

Ducto de PEHD. 4” de Ø como Punto de Inicio K al Punto Final K

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 K Punto Inicial K en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 4” de Ø en dirección Sur sobre la [REDACTED] hasta el Punto Final K en el cadenamiento 0+002.50 K en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2” de diámetro.

Ducto “L”

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 4” de Ø, sobre las siguientes calles:

- [REDACTED]

Ducto de PEHD. 4” de Ø como Punto de Inicio L al Punto Final L

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 L Punto Inicial L en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 4” de Ø en dirección Noroeste sobre la [REDACTED] hasta el Punto Final L en el cadenamiento 0+278.63 L en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2” de diámetro.



Ducto "M"

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 4" de Ø, sobre las siguientes calles:

➤ **Coordenada y Ubicación del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP**

Ducto de PEHD. 4" de Ø como Punto de Inicio M al Punto Final M

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 M Punto Inicial M en las coordenadas UTM () m N) inicia la instalación de tubería de 4" de Ø en dirección Este sobre la calle 10 de abril hasta el Punto Final M en el cadenamiento 0+128.61 M en las coordenadas UTM () m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2" de diámetro.

Ducto "N"

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 4" de Ø, sobre las siguientes calles:

-
-
-
-
-
-

Ducto de PEHD. 4" de Ø como Punto de Inicio N al Punto Final N

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 N Punto Inicial N en las coordenadas UTM () m N) inicia la instalación de tubería de 4" de Ø en dirección Suroeste sobre la hasta el Punto de Inflexión P.I. 251, donde con un cambio de dirección al Sur continua la instalación sobre la hasta el Punto de Inflexión P.I. 258, desde ahí con un cambio de dirección al Sureste continua la instalación sobre la hasta el Punto de Inflexión P.I. 260. Continuando con la instalación en dirección Sur sobre la hasta llegar al Punto de Inflexión P.I.264, de ahí en la dirección Oeste continúa la instalación de tubería sobre la hasta Punto Final N en el cadenamiento 3+398.16 N en las coordenadas UTM () E- () m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2" de diámetro.

Ducto "O"

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 4" de Ø, sobre las siguientes calles:

-

Ducto de PEHD. 4" de Ø como Punto de Inicio O al Punto Final O



En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 O Punto Inicial O en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 4" de Ø en dirección Este sobre la [REDACTED] hasta Punto Final O en el cadenamiento 0+513.17 O en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2" de diámetro.

Ducto “P” **Coordenada y Ubicación del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP**

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 3" de Ø, sobre las siguientes calles:

- [REDACTED]

Ducto de PEHD. 3" de Ø como Punto de Inicio P al Punto Final P

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 P Punto Inicial P en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 3" de Ø en dirección Este sobre la [REDACTED] hasta Punto Final P en el cadenamiento 0+542.68 P en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2" de diámetro.

Ducto “Q”

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 3" de Ø, sobre las siguientes calles:

- [REDACTED]
- [REDACTED]

Ducto de PEHD. 3" de Ø como Punto de Inicio Q al Punto Final Q

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 Q Punto Inicial Q en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 3" de Ø en dirección Noreste sobre la [REDACTED] hasta el Punto de Inflexión P.I.292, donde con un cambio de dirección al Noroeste continua la instalación sobre la [REDACTED] hasta Punto Final Q en el cadenamiento 0+357.40 Q en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2" de diámetro.

Ducto “R”

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 3" de Ø, sobre las siguientes calles:

- [REDACTED]

Ducto de PEHD. 3" de Ø como Punto de Inicio R al Punto Final R

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 R Punto Inicial R en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería



de 3" de Ø en dirección Sureste sobre la [REDACTED] hasta Punto Final R en el cadenamiento 0+027.13 R en las coordenadas UTM [REDACTED] m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2" de diámetro.

Ducto "S" *Coordenada y Ubicación del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP*

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 3" de Ø, sobre las siguientes calles:

- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]

Ducto de PEHD. 3" de Ø como Punto de Inicio R al Punto Final R

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 S Punto Inicial S en las coordenadas UTM [REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 3" de Ø en dirección Este sobre la [REDACTED] hasta el Punto de Inflexión P.I. 303, desde donde continua la instalación con un cambio de dirección al Noreste sobre la [REDACTED] hasta el Punto de Inflexión P.I. 312, con un cambio de dirección hacia el Noroeste sobre la [REDACTED] hasta Punto Final S en el cadenamiento 1+625.90 S en las coordenadas UTM [REDACTED] m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2" de diámetro.

Ducto "T"

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 3" de Ø, sobre las siguientes calles:

- [REDACTED]

Ducto de PEHD. 3" de Ø como Punto de Inicio T al Punto Final T

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 T Punto Inicial T en las coordenadas UTM [REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 3" de Ø en dirección Este sobre la [REDACTED] hasta Punto Final T en el cadenamiento 0+204.53 T en las coordenadas UTM [REDACTED] m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2" de diámetro.

Ducto "U"

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 3" de Ø, sobre las siguientes calles:

- [REDACTED]

Ducto de PEHD. 3" de Ø como Punto de Inicio U al Punto Final U

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 U Punto Inicial U en las coordenadas UTM [REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería



de 3" de Ø en dirección Este sobre la [REDACTED] hasta Punto Final U en el cadenamiento 0+982.05 U en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2" de diámetro.

Ducto "V" *Coordenada y Ubicación del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP*

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 3" de Ø, sobre las siguientes calles:

➤ [REDACTED]

Ducto de PEHD. 3" de Ø como Punto de Inicio V al Punto Final V

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 V Punto Inicial V en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 3" de Ø en dirección Norte sobre la [REDACTED] hasta Punto Final V en el cadenamiento 0+020.29 V en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2" de diámetro.

Ducto "W"

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 3" de Ø, sobre las siguientes calles:

➤ [REDACTED]

Ducto de PEHD. 3" de Ø como Punto de Inicio W al Punto Final W

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 W Punto Inicial W en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 3" de Ø en dirección Este sobre la [REDACTED] hasta Punto Final W en el cadenamiento 0+021.90 W en las coordenadas UTM ([REDACTED] m E-[REDACTED] m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2" de diámetro.

Ducto "X"

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 3" de Ø, sobre las siguientes calles:

➤ [REDACTED]
➤ [REDACTED]
➤ [REDACTED]

Ducto de PEHD. 3" de Ø como Punto de Inicio X al Punto Final X

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 X Punto Inicial X en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 3" de Ø en dirección Este sobre la [REDACTED] hasta el Punto de Inflexión P.I.



411, desde ahí continua la instalación con un cambio de dirección hacia el Noreste sobre la calle [REDACTED] hasta el Punto de Inflexión P.I. 403, donde se continua hasta Punto Final X en el cadenamiento 1+448.36 X en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2" de diámetro.

Ducto "Y" *Coordenada y Ubicación del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP*

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 3" de Ø, sobre las siguientes calles:

➤ [REDACTED]

Ducto de PEHD. 3" de Ø como Punto de Inicio Y al Punto Final Y

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 Y Punto Inicial Y en las coordenadas UTM ([REDACTED] 97 m N) inicia la instalación de tubería de 3" de Ø en dirección Noroeste sobre la [REDACTED] hasta Punto Final Y en el cadenamiento 0+175.13 Y en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2" de diámetro.

Ducto "Z"

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 3" de Ø, sobre las siguientes calles:

- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]

Ducto de PEHD. 3" de Ø como Punto de Inicio Z al Punto Final Z

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamiento 0+000 Z Punto Inicial Z en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 3" de Ø en dirección Oeste sobre la [REDACTED], en el cadenamiento 0+012.57 Z se ubica el cruce CR-CCR-08 donde cruzaremos la [REDACTED], desde ahí se continua la instalación hasta el Punto de Inflexión P.I. 431, desde ahí con un cambio de dirección al Sur continua la instalación sobre la [REDACTED] hasta el Punto de Inflexión P.I.432, donde se cambia de dirección hacia el este sobre la [REDACTED] hasta el Punto de Inflexión P.I. 433 donde continua la instalación sobre la [REDACTED] hasta el Punto de inflexión P.I. 434, se sigue con la instalación en dirección Sureste sobre la [REDACTED] hasta el Punto de Inflexión P.I.435 y desde ahí se sigue con la instalación sobre la [REDACTED] hasta el punto de inflexión P.I. 438 donde se cambia de dirección hacia el Este sobre la [REDACTED] para llegar al Punto Final Z en el cadenamiento 1+469.92 Z en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2" de diámetro.



Ducto “AA”

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 3” de Ø, sobre las siguientes calles:

Coordenada y Ubicación del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y
110 fracción I de la LFTAIP

➤ [REDACTED]

Ducto de PEHD. 3” de Ø como Punto de Inicio AA al Punto Final AA

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamamiento 0+000 AA Punto Inicial AA en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 3” de Ø en dirección Norte sobre la [REDACTED] hasta el Punto Final AA en el cadenamamiento 0+156.47 AA en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2” de diámetro.

Ducto “AB”

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 3” de Ø, sobre las siguientes calles:

➤ [REDACTED]

➤ [REDACTED]

Ducto de PEHD. 3” de Ø como Punto de Inicio AB al Punto Final AB

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamamiento 0+000 AB Punto Inicial AB en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 3” de Ø en dirección Sur sobre la [REDACTED] hasta llegar al Punto de Inflexión P.I.466, desde ahí continua la instalación con un cambio de dirección al Este sobre la [REDACTED] el Punto Final AB en el cadenamamiento 2+199.85 AB en las coordenadas UTM ([REDACTED] 5 m [REDACTED] m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2” de diámetro.

Ducto “AC”

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 3” de Ø, sobre las siguientes calles:

➤ [REDACTED]

Ducto de PEHD. 3” de Ø como Punto de Inicio AC al Punto Final AC

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamamiento 0+000 AC Punto Inicial AC en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 3” de Ø en dirección Este sobre la [REDACTED], en el cadenamamiento 0+006.90 AC se ubica el cruce CR-CCR-09 donde cruzaremos la [REDACTED], desde ahí se continua la instalación hasta Punto Final AC en el cadenamamiento 0+138.53 AC en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2” de diámetro.



Ducto "AD"

En esta zona se instalará gasoductos de Polietileno de Alta Densidad de 3" de Ø, sobre las siguientes calles:



Coordenada y Ubicación del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP

Ducto de PEHD. 3" de Ø como Punto de Inicio AD al Punto Final AD

En esta zona se instalará gasoducto de Polietileno de Alta Densidad, en el cadenamamiento 0+000 AD Punto Inicial AD en las coordenadas UTM ([REDACTED] m N) inicia la instalación de tubería de 3" de Ø en dirección Este sobre la [REDACTED], en el cadenamamiento 0+008.19 AD se ubica el cruce CR-CCR-10 donde cruzaremos la [REDACTED], desde ahí se continua la instalación hasta Punto Final AD en el cadenamamiento 0+142.83 AD en las coordenadas UTM [REDACTED] m E- [REDACTED] m N).

En la trayectoria de este ducto se realizarán interconexiones con ductos de 2" de diámetro.



I.4.2 Condiciones de operación.

Las condiciones de operación del proyecto se indican a continuación:

Tabla 3 Condiciones de operación (Flujo y Presión) en la ER Tipo 01 “Cuautla Residencial”.

ER Tipo 01	SCMD ¹	MMSCFD ²	SCMH ³	SCFH ⁴
Consumo mínimo inicial	--	--	--	--
Consumo máximo	136 800.00	4.83	5 700.00	201 293.79

- ✓ Presión máxima de entrada= 298.69 psig (21.00 kg/cm²)
- ✓ Presión mínima de entrada= 100.12 psig (14.00 kg/cm²)
- ✓ Presión de diseño= 500 psig (35.15 kg/cm²)
- ✓ Presión máxima de salida= 71.12 psig (5.00 kg/cm²)
- ✓ Presión mínima de salida= 56.88 psig (4.00 kg/cm²)

Tabla 4 Condiciones de operación en los gasoductos de la red de distribución “Cuautla Residencial”.

Red de Distribución	SCMD ⁵	MMSCFD ⁶	SCMH ⁷	SCFH ⁸
Consumo mínimo inicial	39 788.20	1.40	1 657.84	58 546.76
Consumo máximo	121 268.16	4.28	5 052.84	178 439.52

- ✓ Presión de diseño= 99.93 psig (7.02 kg/cm²)
- ✓ Presión máxima= 99.93 psig (7.02 kg/cm²)
- ✓ Presión normal= 56.88 psig (4.00 kg/cm²)
- ✓ Presión mínima= 56.88 psig (4.00 kg/cm²)

¹ Metros Cúbicos Estándar por Día.

² Millones de Pies Cúbicos Estándar por Día.

³ Metros Cúbicos Estándar por Hora.

⁴ Pies Cúbicos por Hora.

⁵ Metros Cúbicos Estándar por Día.

⁶ Millones de Pies Cúbicos Estándar por Día.

⁷ Metros Cúbicos Estándar por Hora.

⁸ Pies Cúbicos por Hora.



Tabla 5 Instalaciones superficiales: Estaciones de Regulación y Medición.

Nombre	Pasos de Regulación	Presión de Operación primer paso de regulación psi (kg/cm ²)		Presión de Operación segundo paso de regulación psi (kg/cm ²)		Flujo de diseño (MMSCFD)		
		Entrada	Regulada	Entrada	Regulada	Min	Norm	Max
ER Tipo 01	1	298.69 (21)	56.88 (4)	--	--	4.83	4.83	4.83

Cabe mencionar, que de acuerdo con lo establecido en la NOM-003-ASEA-2016 en su numeral 5.1.1.1.1, toda la red de distribución se determinó con Clases de Localización 3 y 4, tal y como se muestra en la siguiente figura.

Para mayor detalle **Ver Anexo 1** el plano GNN-Mor-Cua-ASEA-CL_20-01.

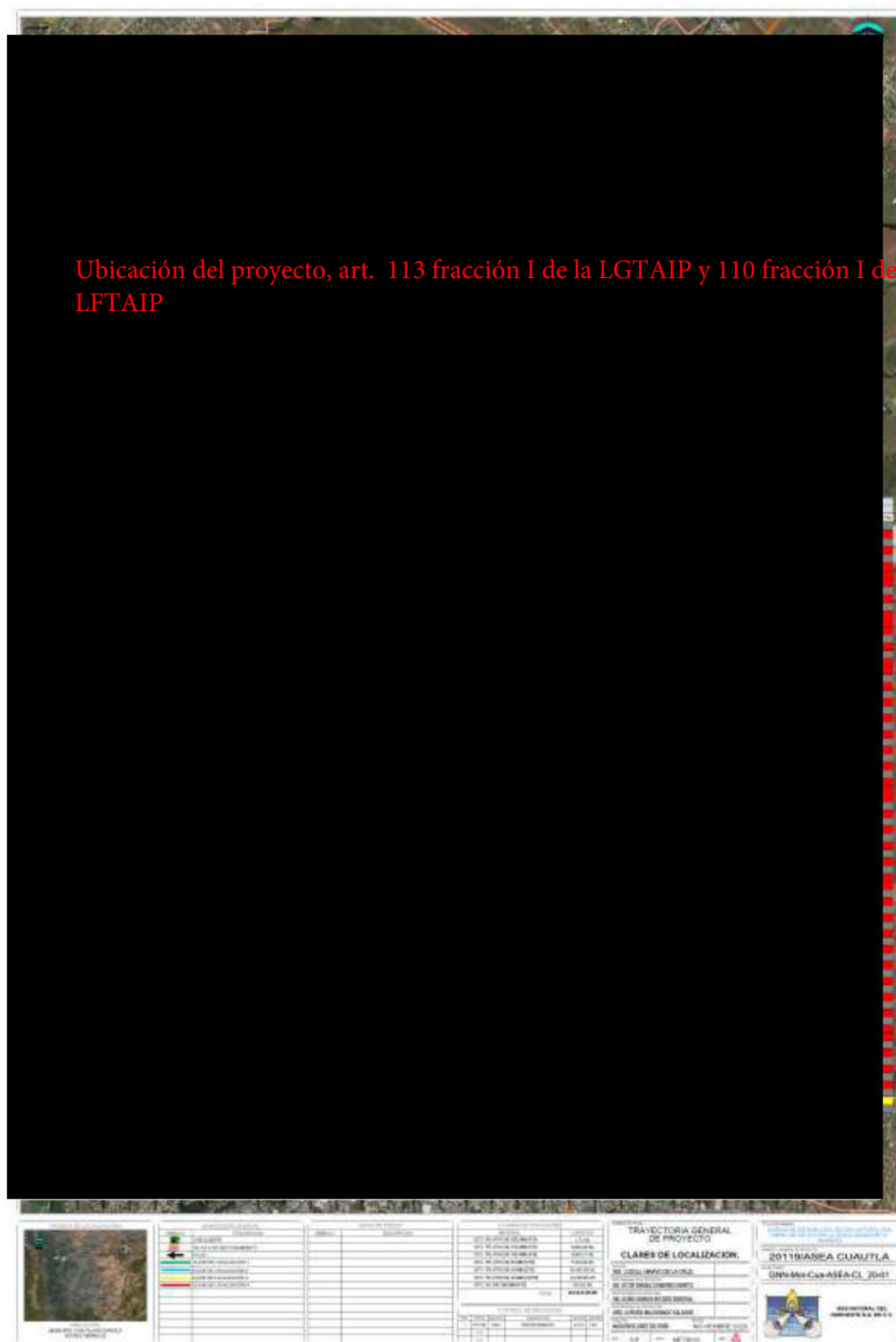


Figura 5 Clases de Localización del Proyecto.



I.4.3 Hojas de Seguridad.

La sustancia principal que se manejará en el proyecto es el Gas Natural, por lo que a continuación se describen sus principales características físicas y químicas. **Ver Anexo 4.** HDS Gas Natural.

- ✓ **Nombre:** Gas Natural - Gas Metano.
- ✓ **Cantidad de Reporte:** 500 kg. (Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas).
- ✓ **Familia química:** Hidrocarburo parafínico.
- ✓ **Peso molecular:** 18.2.
- ✓ **No. CAS (Chemical Abstract Service):** 8006-14-2.
- ✓ **No. ONU:** 1971.
- ✓ **Estado físico, color y olor:** Gas incoloro, inodoro e insípido.
- ✓ **Punto de fusión (760 mm Hg):** - 182 °C.
- ✓ **Punto de ebullición (760 mm Hg):** - 160 °C.
- ✓ **Temperatura crítica:** - 82,50°C.
- ✓ **Densidad del vapor (760 mm Hg):** 0,61.
- ✓ **Densidad específica (aire= 1):** 0,68.
- ✓ **Temperatura de auto ignición:** Entre 5 370 y 6 510°C.
- ✓ **Volumen crítico:** 0,098 m³/kg/mol.
- ✓ **Solubilidad en agua:** 0.4 – 20 microgramos/100 cm³.
- ✓ **Límite inferior de explosividad:** 15% Metano + 85% Aire.
- ✓ **Límite superior de explosividad:** 5% Metano + 95% Aire.
- ✓ **Valor Umbral Límite 15 min. (TLV 15):** No establecida por OSHA. Asfixiante simple.
- ✓ **Valor Umbral Límite 8 min. (TLV 8):** No establecida por OSHA. Asfixiante simple.
- ✓ **IDLH:** 5000 ppm (correspondiente al Metano).



Índice

II. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.	2
II.1 ASPECTOS BIÓTICOS Y ABIÓTICOS.	2
II.1.1 Clima.	2
II.1.2 Geomorfología.	10
II.1.3 Geología.	13
II.1.4 Edafología.	22
II.1.5 Hidrología.	25
II.1.6 Uso de Suelo y Vegetación.	29
II.1.7 Áreas Naturales Protegidas (ANPs).	39

Índice de Tablas

Tabla 1 Tipos de Climas existentes en el SAR del proyecto.	2
Tabla 2 Normales Climatológicas.	6
Tabla 3 Huracanes y tormentas tropicales registrados en México del año 2006 al 2019.	7
Tabla 4 Características de la Provincia Fisiográfica donde incide el SAR.	10
Tabla 5 Tipos de Suelo en el SAR.	22
Tabla 6 Características de la Región Hidrológica donde se ubica el SAR.	25
Tabla 7 Uso de Suelo y Vegetación en el SAR del Proyecto.	33

Índice de Figuras

Figura 1 Tipos de Climas existentes en el SAR del proyecto.	3
Figura 2 Valores de precipitación existentes en el SAR.	4
Figura 3 Valores de temperatura existentes en el SAR.	5
Figura 4 Incidencia del SAR dentro de las Provincias Fisiográficas.	11
Figura 5 Subprovincia donde incide el SAR del proyecto.	12
Figura 6 Sistemas de Topoformas existentes en el SAR del proyecto.	13
Figura 7 Características geológicas del SAR.	15
Figura 8 Ubicación del proyecto conforme a las Regiones sísmicas del País.	17
Figura 9 Ubicación del proyecto conforme a los principales Volcanes de México.	21
Figura 10 Edafología presente en el SAR.	22
Figura 11 Región Hidrológica en la que incide el SAR del proyecto.	27
Figura 12 Cuenca Hidrológica en la que incide el SAR del proyecto.	28
Figura 13 Subcuenca Hidrológica en la que incide el SAR del proyecto.	29
Figura 14 Uso de Suelo y Vegetación en el SAR del proyecto.	34
Figura 15 ANPs en el SAR.	41



II. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.

De acuerdo a lo establecido en la Guía para la elaboración d ellos Análisis de Riesgos del sector Hidrocarburos (ARSH) publicada por la ASEA, los receptores de riesgo a considerar en el presente estudio son el Medio ambiente y Población, por lo que a continuación se describen las características Medio ambientales y Socioeconómicas de la zona donde se localizará el proyecto, tomando para tal fin, la información del Sistema Ambiental Regional (SAR) delimitado en la MIA que acompaña al presente Estudio de Riesgo.

II.1 ASPECTOS BIÓTICOS Y ABIÓTICOS.

II.1.1 Clima.

A continuación, se presenta una descripción de cada uno de los tipos de climas presentes a lo largo del SAR del proyecto.

Tabla 1 Tipos de Climas existentes en el SAR del proyecto.

Clima	Descripción
(A)C(w1)	Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual.
(A)C(wo)	Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor a 43.2 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
Awo	Calido subhumedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes mas frio mayor de 18°C. Precipitacion del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con indice P/T menor de 43.2 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

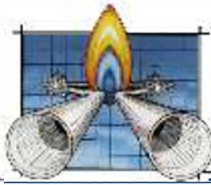
(CONABIO, Portal de Geoinformación)



Figura 1 Tipos de Climas existentes en el SAR del proyecto.

A.1 Precipitación

De acuerdo a lo establecido por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), que establece la delimitación de los valores de precipitación a nivel nacional conforme a lo establecido por E. García, la mayor parte del SAR del proyecto presenta valores de precipitación entre 800 a 1 000 mm que es donde incide el proyecto, mientras que el resto corresponde a valores de precipitación entre 1 000 mm y 1200 mm.



Estudio de Riesgo (ER)

"Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos"

II

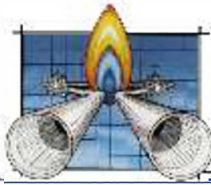
Estado de Morelos.



Figura 2 Valores de precipitación existentes en el SAR.

A.2 Temperatura

De acuerdo a lo establecido por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), que establece la delimitación de las Isotermas a nivel nacional conforme a lo establecido por E. García, en mayor parte de la superficie del SAR, se presentan temperaturas anuales con valores entre 22°C y 24°C que es donde mayormente incide el proyecto, mientras que en menor superficie se presentan temperaturas con valores entre 20°C y 22°C, y al Noroeste del SAR se presentan temperaturas entre 18°C y 20°C.



Estudio de Riesgo (ER)
"Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la
Zona Geográfica: Morelos"

II

Estado de Morelos.

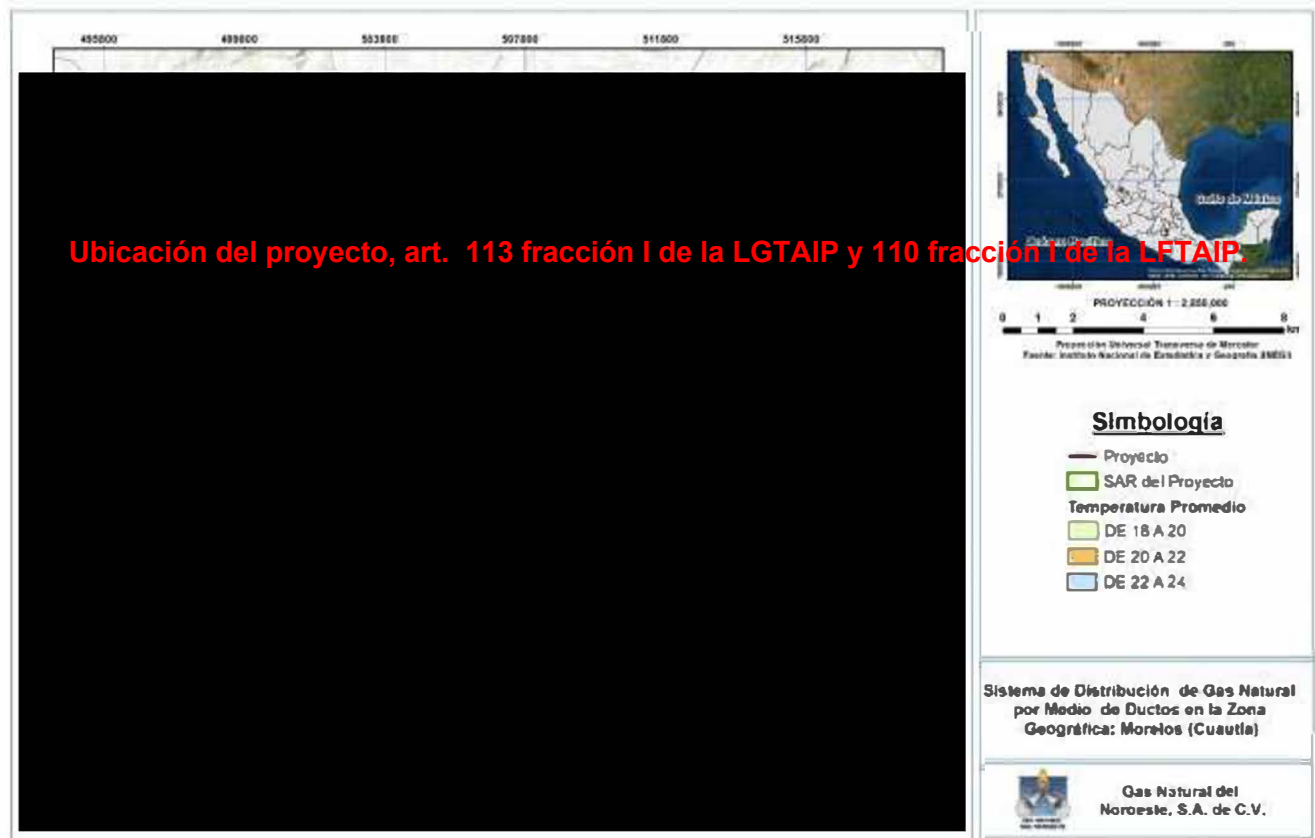


Figura 3 Valores de temperatura existentes en el SAR.



A.3 Normales Climatológicas

Dentro de la delimitación del SAR se localizan diferentes estaciones climatológicas, de las cuales se seleccionó la que tiene incidencia en el SAR proyecto, de la cual, se tomaron los datos de temperatura y precipitación para establecer los históricos promedios en la zona del proyecto, de acuerdo a lo que se establece en la siguiente tabla:

Coordenada del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP
Tabla 2 Normales Climatológicas.

ESTADO DE: MORELOS							PERIODO: 1981-2010						
ESTACIÓN: 17052 YECAPIXTLA				LATITUD: [REDACTED] N		LONGITUD: [REDACTED]		ALTURA: 1 590 MSNM					
ELEMENTOS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
TEMPERATURA MÁXIMA													
Normal	36.7	38.0	30.0	31.4	31.3	28.6	26.8	27.1	26.9	27.1	27.3	26.8	28.2
TEMPERATURA MEDIA													
Normal	19.1	19.9	21.5	23.2	23.7	22.6	20.9	21.1	21.1	20.9	20.3	19.5	21.2
TEMPERATURA MÍNIMA													
Normal	11.5	11.8	12.9	15.0	16.1	16.5	15.0	15.1	15.3	14.7	13.3	12.2	14.1
PRECIPITACIÓN													
Normal	8.6	6.3	1.9	14.4	68.7	204.4	194.7	221.6	211.6	65.6	11.9	1.9	1011.6

Fuente: Comisión Nacional del Agua (CNA)

De acuerdo a la tabla anterior, los valores de precipitación y temperatura promedios en el SAR del proyecto son 1 011.6 mm anuales y 21.2°C, así mismo de acuerdo a los datos consultados en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) la velocidad del viento promedio es de 0.76 m/s y el promedio histórico de humedad relativa es de 57%

A.4 Fenómenos Climatológicos

En la región donde se localiza el proyecto, los fenómenos climatológicos se presentan de la siguiente manera:

- ✓ **Heladas:** Se presentan de manera muy esporádica, con la posibilidad de que ocurran en los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre, sin embargo, en octubre se presentan ocasionalmente heladas tempranas y en marzo heladas tardías.

México ha sufrido los efectos de tormentas tropicales y ciclones en los últimos 10 años, provenientes tanto del Océano Atlántico como del Océano Pacífico, los cuales han causado desastres principalmente en los estados ubicados en la costa Este y Oeste de la República Mexicana. A continuación, se presentan datos históricos de los eventos climatológicos ocurridos en el período del año 2009 al 2019.



Tabla 3 Huracanes y tormentas tropicales registrados en México del año 2006 al 2019.

Año	Océano	Nombre	Categoría	Estados Afectados
2019	Atlántico	De acuerdo a los datos del Servicio Meteorológico Nacional, ningún Huracán o Tormenta Tropical tocó tierra.		
	Pacífico			
2018	Atlántico	<u>Ninguno tocó tierra</u>		
	Pacífico	Vicente	TT	Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Colima.
		Sergio	H4	Baja California Sur, Baja California, Sonora y Sinaloa.
		Carlotta	TT	Oaxaca, Michoacán y Guerrero.
		Bud	H1	Baja California Sur, Sonora y Sinaloa.
2017	Atlántico	Franklin	H1	Quintana Roo, Yucatán y Veracruz.
		Katia	H2	Veracruz y Puebla.
	Pacífico	Beatriz	TT	Oaxaca.
		Calvin	TT	Oaxaca y Chiapas.
		Lidia	TT	Baja California Sur y Baja California.
2016	Pacífico	Depresión Tropical No. 1	DT	Oaxaca y Chiapas.
		Javier	TT	Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco y Baja California Sur.
		Newton	H1	Baja California Sur y Sonora.
	Atlántico	Colin	TT	Yucatán y Quintana Roo.
		Danielle	TT	Hidalgo, Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo.
		Earl	H1	Puebla, Veracruz, Tabasco y Campeche.
2015	Pacífico	Blanca	H4	Baja California y Baja California Sur.
		Carlos	H1	Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit.
		D.T. No. 16	DT	Baja California, Baja California Sur y Sonora.
		Patricia	H5	Colima, Jalisco, Nayarit y Zacatecas.



Estudio de Riesgo (ER)
"Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos"

II

Estado de Morelos.

Año	Océano	Nombre	Categoría	Estados Afectados
2014	Pacífico	Simón	H4	Michoacán, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Baja California Sur, Colima y Jalisco.
		Trudy	TT	Guerrero, Chiapas y Oaxaca.
		Vance	DT	Sinaloa, Durango, Jalisco, Colima Nayarit
	Atlántico	Dolly	TT	San Luis Potosí, Tamaulipas, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Veracruz.
		Depresión Tropical 9	DT	Campeche.
2013	Pacífico	Bárbara	H1	Chiapas y Oaxaca.
		Erick	H1	Oaxaca y Baja California Sur.
		Ivo	TT	Baja California Sur
		Juliette	TT	Sinaloa y Baja California Sur.
		Lorena	TT	Michoacán, Jalisco, Colima, Nayarit y Sinaloa.
		Manuel	H1	Guerrero, Michoacán, Colima y Jalisco.
		Sonia	TT	Sinaloa.
	Atlántico	Barry	TT	Campeche y Veracruz.
		Fernand	TT	Campeche y Veracruz.
		D.T. 8	DT	Tamaulipas.
		Ingrid	H1	Tabasco, Veracruz y Tamaulipas.
		Karen	TT	Yucatán y Quintana Roo.
2012	Pacífico	Bud	H3	Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit.
		Carlotta	H2	Colima, Chiapas, Distrito Federal, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tabasco, Tlaxcala y Sur de Veracruz.
		Norman	TT	Sinaloa, Durango, Nayarit, Jalisco y Baja California Sur.
		Paul	H3	Baja California Sur, Sinaloa, Sonora, Durango, Nayarit y Jalisco.
	Atlántico	Ernesto	H1	Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Chiapas, Veracruz, San Luis Potosí, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, Puebla, Tlaxcala, México, Distrito Federal, Morelos, Michoacán, Guerrero y Oaxaca.
		Helene	TT	Tabasco, Veracruz, San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla y Oaxaca.



Año	Océano	Nombre	Categoría	Estados Afectados
2011	Pacífico	DT 12E	DT	Oaxaca y Chiapas.
		Jova	H2	Jalisco, Colima, Michoacán y Nayarit.
		DT 8E	DT	Michoacán, Colima y Jalisco.
		Beatriz	H1	Guerrero, Colima, Michoacán y Jalisco.
	Atlántico	Rina	TT	Quintana Roo.
		Nate	TT	Tabasco y Veracruz.
		Harvey	DT	Chiapas, Tabasco, Veracruz y Oaxaca.
		Arlene	TT	Veracruz, San Luis Potosí, Tamaulipas e Hidalgo.
2010	Atlántico	Richard	DT	Chiapas, Campeche, Quintana Roo y Tabasco.
		Matthew	DT	Campeche y Veracruz.
		Karl	TT (H3)	Quintana Roo, Veracruz y Campeche.
		Hermine	TT	Tamaulipas.
		DT 2	DT	Tamaulipas.
		Alex	TT (H2)	Quintana Roo, Campeche, Tamaulipas y Nuevo León.
2009	Pacífico	Georgette	TT	BCS y Sonora.
		DT 11E	DT	Oaxaca y Veracruz.
		Ágatha	TT	Chiapas.
		Andrés	H1	Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit.
		Jimena	H4	Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Colima y Guerrero.
		Rick	H5	Guerrero, Oaxaca, Michoacán y Jalisco.
	Atlántico	Ida	H2	Yucatán y Quintana Roo.

H: Huracán. TT: Tormenta Tropical. DT: Depresión Tropical

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

De acuerdo a la **Tabla 3** y a las consultas de información para el área del proyecto, se considera que el estado de Morelos y específicamente el área donde se localiza el SAR no son susceptibles a la afectación por fenómenos climatológicos como Huracanes o Tormentas Tropicales, ya que no se tienen registros de que este tipo de fenómenos hayan afectado la infraestructura urbana del municipio de Cuautlá o Yecapixtla, sin embargo, en los últimos años se han presentado lluvias torrenciales atípicas que han sido generadas por la llegada de algún fenómeno climatológico en las costas de la República Mexicana (principalmente en el Océano Pacífico), mismas que han causado inundaciones significativas en las áreas vulnerables del municipio, sin embargo, esto no significa que la infraestructura que conformará el sistema para distribución de gas natural sea vulnerable a ese tipo de afectaciones, ya que en su totalidad quedará instalada de manera subterránea a no menos de 1.5 m



de Profundidad y se cumplirán con los requisitos mínimos de seguridad establecidos en la NOM-003-ASEA-2016, por lo que no existe riesgo de afectaciones a la infraestructura de distribución de gas producto de fenómenos hidrometeorológicos.

II.1.2 Geomorfología.

El SAR del proyecto se localiza en la parte central del estado de Morelos, dentro de la delimitación de las Provincias Fisiográficas denominada Sierra Madre Oriental y Llanura Costera del Golfo Norte, dentro de la Subprovincia Fisiográfica conocida como Sierras y Llanuras Coahuilenses y Llanuras y Lomeríos, donde existen sistemas de topoformas conformados principalmente por Lomerío con Llanuras y Bajada con Lomerío.

Tabla 4 Características de la Provincia Fisiográfica donde incide el SAR.

Provincia Fisiográfica	Subprovincia Fisiográfica	Sistema de Topoformas
Eje Neovolcánico	Lagos y Volcanes de Anáhuac	▪ Llanura Aluvial con Lomerío, ▪ Lomerío de Basalto con Cráteres, ▪ Lomerío de Tobas con Cañadas, ▪ Sierra Baja, y ▪ Sierra Volcánica de Laderas Escarpadas.

A continuación, se describen las características de las Provincias Fisiográficas.

❖ **Provincia Fisiográfica Eje Neovolcánico:** Es una cadena de volcanes ubicada en México. Atraviesa el país cerca del paralelo 19° N, desde las islas Revillagigedo en el océano Pacífico hasta el Golfo de México, pasa por la Ciudad de México y los estados de: Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, México, Hidalgo, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz, en la región de Los Tuxtlas. El Eje Neovolcánico forma parte del Cinturón de Fuego del Pacífico.

Las montañas de la Cordillera Neovolcánico son relativamente recientes (el Parícutin es un ejemplo de ello) estando los principales volcanes en actividad o cubiertos de nieves eternas merced a las altitudes que pueden alcanzar. Las fértiles, frescas y húmedas laderas de estas montañas naturalmente suelen estar recubiertas de grandes coníferas (pináceas como el oyamel, cupresáceas como el ahuehuete o sabino), ceibas, etc., precisamente en el pico de Orizaba se encuentra, en latitudes tropicales, el bosque templado más elevado del planeta Tierra merced a los microclimas que la conjugación de elevadas altitudes y bajas latitudes produce en este sistema orográfico, en efecto, el bosque de coníferas del Orizaba alcanza los 4200 msnm.

Como toda cordillera importante, este sistema va acompañado obviamente de valles, ríos, zonas de meseta y páramo e incluso lagos y lagunas (varias de las lagunas se encuentran en las



calderas de volcanes apagados), cascadas, y glaciares . Aunque –además de las razones geológicas obvias en la configuración de todo relieve terrestre– el elemento significativo y denominador es la cordillera de elevadas montañas volcánicas.

En la Cordillera Neovolcánica se encuentran las cumbres más elevadas de México; tal sistema montañoso forma prácticamente el límite meridional de la placa tectónica norteamericana, y tiene inmediatamente al sur la zona de subducción, que constituye la falla del río Balsas, la cual señala los límites geológicos entre América del Norte y América Central.

Fuente: INEGI. Características edafológicas, fisiográficas, climáticas e hidrográficas de México.

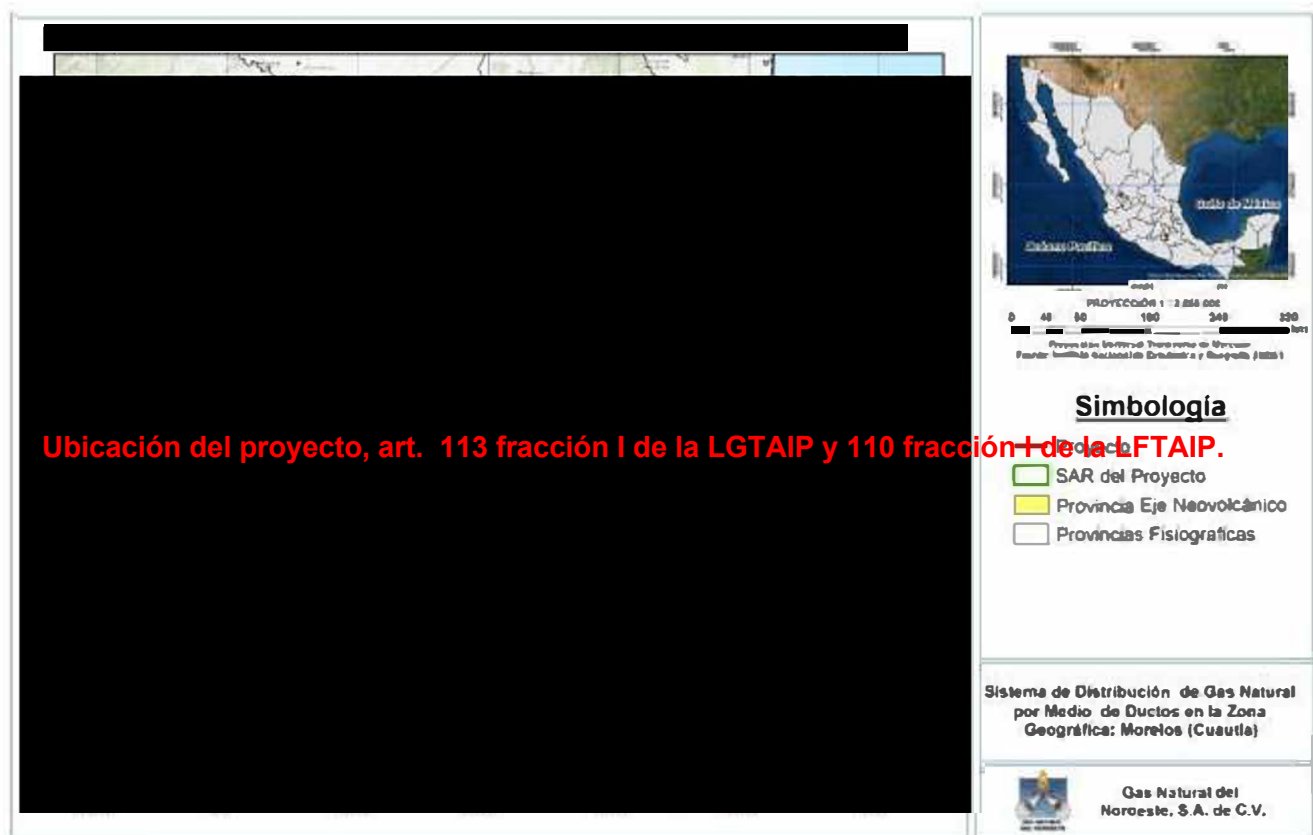
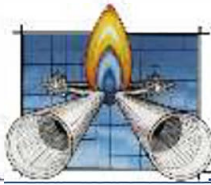


Figura 4 Incidencia del SAR dentro de las Provincias Fisiográficas.

A continuación, se presenta una descripción de las Subprovincias en la que se localiza el SAR y se pretende desarrollar el proyecto.

- ❖ **Subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac:** Esta subprovincia, en cuyo territorio se encuentran la capital de la República y cinco capitales estatales (Toluca, Pachuca, Tlaxcala, Puebla y Cuernavaca) está integrada por grandes sierras volcánicas o aparatos individuales que se alternan con amplios vasos lacustres. A ella también pertenecen algunos de los más elevados volcanes del país, como el Citlaltépetl, el Popocatepetl, el Iztaccíhuatl, el Zinantécatl,



Estudio de Riesgo (ER)

"Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos"

II

Estado de Morelos.

el Matlalcuéytl y muchos otros no tan imponentes. El estado de Tlaxcala es atravesado, en sentido noroeste-sureste, por un angosto corredor llano de carácter aluvial (a unos 2 400 m s.n.m.) que conecta los llanos de Apan hidalguenses, al norte, con las llanuras de la cuenca de Puebla, al sur. Es dentro de esta alargada llanura que nace el río Zahuapan, el afluente más septentrional del Balsas que, a la altura de Apizaco, donde los lomeríos casi constriñen el corredor, se dirige al sur. Limitan por el norte a este corredor de Calpulalpan, Hueyotlipán, Apizaco y Huamantla, unidades de lomeríos de origen ígneo, algunas asociadas con llanos. Estos rematan al oriente con mesetas y lomeríos lávicos y al norte con los bordes de la sierra volcánica de Tlaxco. Por el lado sur, el corredor limita al oeste con los lomeríos periféricos de la Sierra Nevada, al centro con las cañadas de la meseta o bloque de Tlaxcala y, al oriente con el gran volcán Matlalcuéytl. El río Zahuapan pasa hacia el suroeste por un angosto valle entre estas dos últimas unidades, donde se ubica la capital del estado. (INEGI, Regiones Fisiográficas, s.f.)

Fuente: INEGI. Síntesis Geográfica del Estado de México. 1981

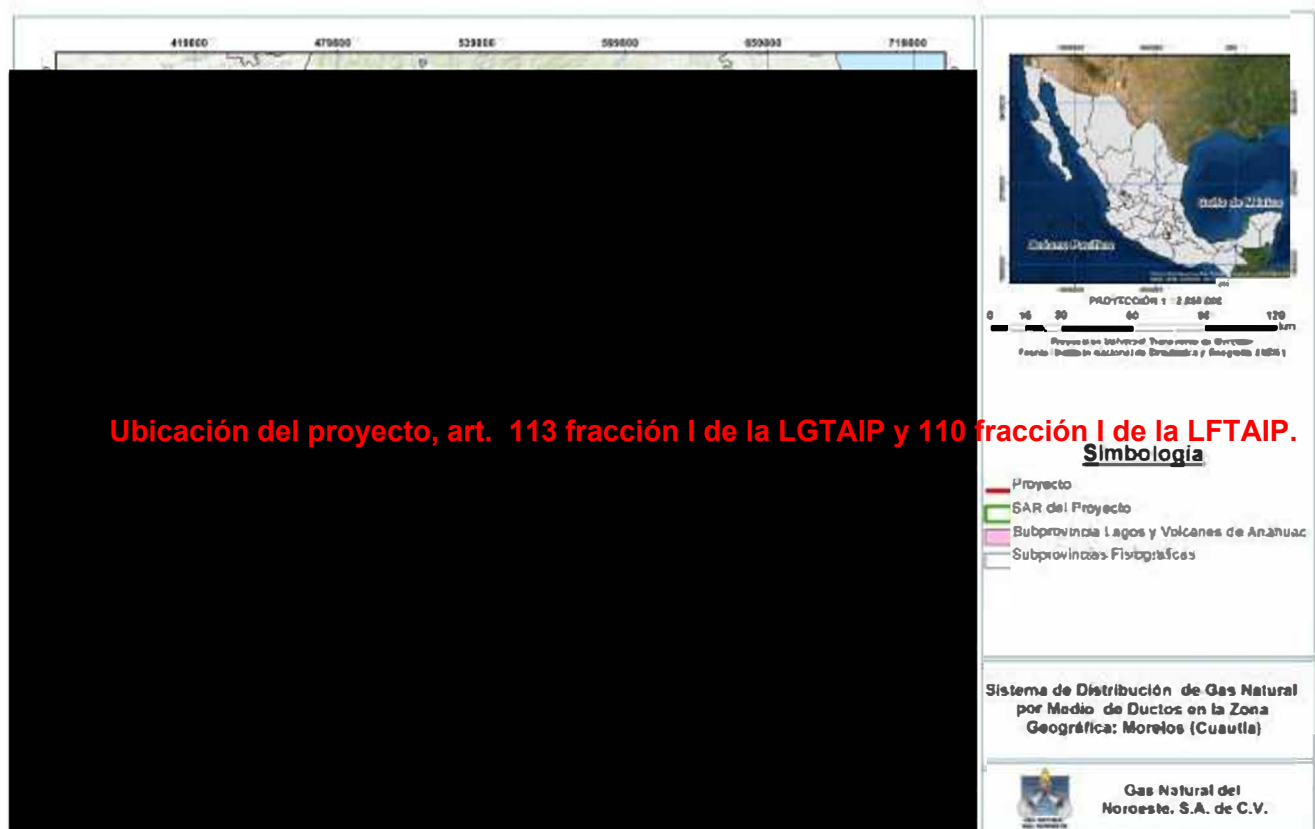


Figura 5 Subprovincia donde incide el SAR del proyecto.



Figura 6 Sistemas de Topoformas existentes en el SAR del proyecto.

II.1.3 Geología.

La geología presente en el SAR está conformada por Rocas Sedimentarias (Caliza, Conglomerado, Arenisca – Conglomerado y Lutita - Arenisca), Rocas Ígneas Extrusivas (Basalto, Basalto – Brecha Volcánica Básica y Toba Básica – Brecha Volcánica Básica) complementándose con suelo tipo Aluvial, mismas que se describen a continuación.

- ❖ **Rocas Sedimentarias (Caliza, Conglomerado, Arenisca – Conglomerado y Lutita - Arenisca):** Las rocas sedimentarias (del latín *sedimentum*, asentamiento) se forman por la precipitación y acumulación de materia mineral de una solución o por la compactación de restos vegetales y/o animales que se consolidan en rocas duras. Los sedimentos son depositados, una capa sobre la otra, en la superficie de la litósfera a temperaturas y presiones relativamente bajas y pueden estar integrados por fragmentos de roca preexistentes de diferentes tamaños, minerales resistentes, restos de organismos y productos de reacciones químicas o de evaporación.

Una roca preexistente expuesta en la superficie de la tierra pasa por un *Proceso Sedimentario* (erosión o intemperismo, transporte, depósito, compactación y diagénesis) con el



que llega a convertirse en una roca sedimentaria; a esta transformación se le conoce como *litificación*. Debido a que las rocas sedimentarias son formadas cerca o en la superficie de la tierra su estudio nos informa sobre el ambiente en el cual fueron depositadas, el tipo de agente de transporte y, en ocasiones, del origen del que se derivaron los sedimentos.

- ❖ **Rocas Ígneas Extrusivas (Basalto, Basalto – Brecha Volcánica Básica y Toba Básica – Brecha Volcánica Básica):** Son rocas que se forman sobre la superficie. La lava se enfría rápidamente a medida que emerge a la superficie. Las rocas extrusivas se han enfriado mucho más rápido que las rocas intrusivas. El tiempo de enfriamiento rápido no permite que se formen cristales grandes. Así las rocas extrusivas tienen cristales más pequeños que las rocas intrusivas. Las rocas ígneas extrusivas también son llamadas rocas volcánicas.

Algunas rocas extrusivas se han enfriado tan rápido que no se alcanzan a formar cristales. Estas forman un cristal, como la obsidiana. Otras, como la piedra pómez, tienen agujeros donde había burbujas de gas atrapadas en lava. Estos agujeros hacen que la piedra sea liviana que flota en el agua. La roca ígnea extrusiva más común es el basalto. Esta roca conforma el suelo oceánico.

- ❖ **Suelo Aluvial:** Son suelos de materiales transportados o depositados en las planicies costeras y valles interiores. Son aluviones estratificados de textura variable. Son suelos recientes o de reciente deposición y carecen de modificaciones de los agentes externos (agua, clima, etc.). Se ubican en áreas ligeramente inclinadas o casi a nivel en las planicies costeras y valles interiores en donde el manto freático está cerca de la superficie y el drenaje por lo general es pobre. Son suelos de alta productividad permitiendo agricultura intensiva y mecanizada, aptos para toda clase de cultivos. Es factible el uso de riego.

Fuente. Servicio Geológico Mexicano (SGM).



Figura 7 Características geológicas del SAR.

B.2.2 Presencia de fallas y fracturamientos.

Los sismos (temblores o terremotos) se producen por el rompimiento de la roca de que se compone la corteza terrestre. La corteza terrestre se comporta como un material frágil (similar al vidrio) que se resquebraja por la acción de una fuerza externa que sobrepasa la resistencia del material. Cuando dos placas tectónicas o bloques de corteza terrestre están en contacto, se produce fricción entre ellas, manteniéndolas en contacto hasta que la fuerza que se acumula por el movimiento entre las placas sea mayor que la fuerza de fricción que las mantiene en contacto. En ese momento se produce un al romperse ese contacto. La Energía Elástica que se había acumulado en la zona de contacto se libera en forma de calor, deformación de la roca y en energía sísmica que propaga por el interior de la Tierra. Esta energía sísmica que se propaga como ondas (similares a las ondas del sonido) es lo que sentimos bajo los pies cuando ocurre un temblor.

El territorio mexicano se encuentra dividido entre cinco placas tectónicas. La mayor parte del país se encuentra sobre la placa NORTEAMERICANA. Esta gran placa tectónica contiene a todo Norteamérica, parte del océano Atlántico y parte de Asia. La península de Baja California se encuentra sobre otra gran placa tectónica, la placa del PACÍFICO. Sobre esta placa también se encuentra gran



parte del estado de California en los Estados Unidos y gran parte del océano Pacífico. El sur de Chiapas se encuentra dentro de la placa CARIBE. Esta pequeña placa contiene a gran parte de las islas caribeñas y los países de Centro América. Otras dos pequeñas placas oceánicas conforman el rompecabezas tectónico de México, Cocos y Rivera y del Pacífico.

La República Mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas. Esto se realizó con fines de diseño antisísmico. Para realizar esta división se utilizaron los catálogos de sismos de la República Mexicana desde inicios de siglo, grandes sismos que aparecen en los registros históricos y los registros de aceleración del suelo de algunos de los grandes temblores ocurridos en este siglo. Estas zonas son un reflejo de que tan frecuentes son los sismos en las diversas regiones y la máxima aceleración del suelo a esperar durante un siglo.

De acuerdo a las Cartas Estatales Geológicas, Escala 1:1 000 000, dentro de la superficie del SAR y sus áreas adyacentes no se observan fallas y/o fracturas geológicas que pongan en riesgo la integridad física de la infraestructura que conformará el proyecto.

B.2.3 Susceptibilidad de la Zona.

B.2.3 Susceptibilidad de la Zona.

❖ SISMICIDAD

La República Mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas. Esto se realizó con fines de diseño antisísmico. Para realizar esta división se utilizaron los catálogos de sismos de la República Mexicana desde inicios de siglo, grandes sismos que aparecen en los registros históricos y los registros de aceleración del suelo de algunos de los grandes temblores ocurridos en este siglo. Estas zonas son un reflejo de que tan frecuentes son los sismos en las diversas regiones y la máxima aceleración del suelo a esperar durante un siglo.

- ❖ La **Zona A** es una zona donde no se tienen registros históricos de sismos, no se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores.
- ❖ La **Zona D** es una zona donde se han reportado grandes sismos históricos, donde la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad.
- ❖ Las otras dos **Zonas (B y C)** son zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.

El SAR del proyecto se localiza en las Zonas B y C.



Estudio de Riesgo (ER)

"Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos"

II

Estado de Morelos.



Figura 8 Ubicación del proyecto conforme a las Regiones sísmicas del País.

El estado de Morelos se encuentra en los límites de las regiones sísmicas B y C. La región B, es considerada como una zona penísísmica, es decir, se experimenta actividad sísmica además de ser un cinturón de amortiguamiento debido a la cercanía a la Trinchera Mesoamericana (donde las placas oceánicas subducen a la continental). Por tal motivo es relativamente común percibir movimientos corticales, pero su recurrencia, aunque es mayor comparada con la región A, rara vez incrementa la intensidad de la actividad. La zona C es intermedia al área de subducción, aquí se registran sismos, aunque no tan frecuentemente, es una zona afectada por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo. Para determinar la cantidad e intensidad del movimiento sísmico, el Servicio Sismológico Nacional (SSN), cuenta con varias estaciones sísmicas distribuidas en todo el país. La estación sísmica más cercana al municipio es la estación YAIG, localizada en el poblado de Yautepec, Morelos, con coordenadas de [REDACTED] de latitud norte, y [REDACTED] de longitud W.

Coordenada del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP

Cuautla se encuentra aprox. a más de 300 km de distancia de la trinchera sismo-generadora. La sismología experimentada en el municipio, es producto de los esfuerzos producidos por las placas en la zona de subducción, producto del reacomodo en superficie del relieve, o liberación de energía por los esfuerzos al interior de la corteza y por efectos volcánicos. Los sismos recientes en el municipio no superan la magnitud 4. El sismo de mayor magnitud ocurrido cerca de Cuautla, Morelos con una magnitud de 6 se registró el 21 de julio del año 2000 a la 1:13:39 en las coordenadas de [REDACTED] norte y [REDACTED] W, en donde se reportan en el estado de Morelos intensidades en escala de Mercalli de III-VIII. En donde, la sensación de menor intensidad es III, lo que indica que los objetos suspendidos oscilaron y el terreno vibró con poca oscilación. La intensidad VIII describe el colapso



parcial de construcciones sin refuerzos en sus pilares o en las que la oscilación lateral es evidente, cualquier estructura sin refuerzo muestra fractura o colapso y algunas veces aparecen grietas en el suelo.

El municipio al encontrarse inmerso en la zona B (penisísmica), presenta un riesgo moderado en cuanto a la ocurrencia de movimientos sísmicos de cualquier tipo (tectónico y/o volcánico). Pero para caracterizar de mejor manera este peligro, es necesario considerar los efectos del sitio, de acuerdo con su litología. Bajo este contexto en el municipio pueden definirse tres zonas claras (ver figura siguiente). La zona de riesgo bajo, ocupa la serranía al oeste del municipio, constituido por relieve calcáreo en donde en caso de presentarse un sismo los problemas que se presentarían no involucra la aceleración del terreno, sino colapsos y procesos de remoción en lugares con procesos de disolución y de fuerte pendiente, respectivamente. La zona de riesgo moderado es la zona de transición entre el terreno firme, está constituido por depósitos volcanoclásticos, por lo que se presume una baja amplificación de las ondas sísmicas. En cambio en la zona de riesgo alto, la constituye material aluvial con un componente freático importante, por lo cual se hace posible una amplificación considerable de las ondas sísmicas.

Con base a lo descrito anteriormente, el sistema de distribución de gas natural quedará inmerso en una zona con riesgo medio de sismicidad, con base a lo establecido en el Atlas de Riesgos del Municipio de Cuautla, Mor.

Fuente: Atlas de Riesgos del Municipio de Cuautla, Mor.
12 de diciembre del 2011

❖ VULCANOLOGÍA

La actividad volcánica consiste esencialmente en la salida a la superficie de los materiales fundidos del interior del planeta a través de fisuras o de conductos (Leet Don L. y Sheldon Judson, 1984).

En el primer caso, la lava solidificada da lugar a extensas mesetas y en el segundo, a la acumulación del material eyectado en la superficie originando las estructuras en forma de loma o montaña conocidas como volcanes. Normalmente los volcanes tienen la forma de un cono con una depresión en la cima que puede ser un cráter o una caldera.

Los volcanes se originan y permanecen activos a causa de los materiales procedentes de depósitos de roca fundida, formados a distancias de profundidad inferiores a los 60 Km. aproximadamente, la cual escapa a la superficie en zonas de debilidad de la corteza.

Mientras la roca fundida permanece en el interior de la tierra se denomina magma, cuando se vierte en la superficie se denomina lava.

Las características de las erupciones volcánicas, así como su grado de peligrosidad, están fuertemente influenciadas por la viscosidad del magma, es decir, por su capacidad para fluir; y por la presión a que están sujetos los gases que contiene. Normalmente la lava de alta viscosidad produce erupciones de carácter explosivo en extremo peligrosas.

Espíndola, J.M. (1992), clasifica los peligros volcánicos en las siguientes categorías: emisiones de lava, flujos de piroclastos, oleadas de piroclastos, inundaciones, lahares y gases volcánicos.



El vulcanismo en la entidad sobresale especialmente en la faja circunscrita en el sistema volcánico transversal, donde se tiene la presencia de importantes estratovolcanes como el Popocatepetl, Iztaccíhuatl y Xinantécatl, así como diversos campos de volcanes monogenéticos.

Dadas las características del vulcanismo, el nacimiento de un nuevo volcán o la reactivación de alguno de los existentes podría presentarse en cualquier porción del cinturón volcánico mexicano e incluso en sus proximidades (Hubp, Lugo J. et. al. 1985).

Sin embargo, las zonas potencialmente más susceptibles son aquellas donde la concentración de volcanes es mayor, así como aquellas adyacentes a los volcanes poligenéticos considerados activos. La relativamente reciente erupción del volcán Xitle, en la cuenca de México (2200 años), la presencia del Popocatepetl, considerado un volcán de alto riesgo, así como la reciente aparición en el Estado de Michoacán de los volcanes Parícutín (1943) y Jorullo (1769), son evidencias de que el vulcanismo es un fenómeno potencialmente activo.

Fuente: Atlas de Riesgos del Estado de México.

VOLCAN POPOCATEPETL.

Se encuentra en los límites territoriales de los estados de Morelos, Puebla y el estado de México. Se localiza unos 72 km al sureste de la Ciudad de México, a 43 km de Puebla, a 63 km de Cuernavaca, y a 53 km de Tlaxcala.

Tiene una forma cónica simétrica, y está unido por la parte norte con el Iztaccíhuatl mediante un paso montañoso conocido como Paso de Cortés.

El volcán tiene glaciares perennes cerca de la boca del cono, en la punta de la montaña. Es el segundo volcán más alto de México, con una altitud máxima de 5 500 metros sobre el nivel del mar, solo después del Citlaltépetl, de 5 747 m.

El 3 de junio de 2019, registró dos nuevas explosiones que llevaron al gobierno mexicano a declarar alerta amarillo tipo 3, advirtiendo una posible caída de cenizas en los municipios de Ecatzingo y Atlautla, en el estado de México; Ciudad Ayala, Cuautla, Jantetelco, Jonacatepec, Ocuilco, Temoac, Tetela del volcán, Yecapixtla y Zacualpan, en el estado de Morelos, y en Actopan, Atzizihuacan, Cohuean y Tochimilco, en el estado de Puebla.

Cabe mencionar, que de acuerdo al Atlas de Riesgos del estado de Morelos, la red de distribución de gas natural se localizará en su mayor parte dentro de una zona que sería menos afectada por la caída de arena volcánica y pómez; no habría caída durante erupciones pequeñas aunque pueden acumularse decenas de centímetros durante erupciones muy grandes, esta zona corresponde a la parte central del municipio de Cuautla que es donde incide el proyecto, sin embargo, por su localización, Cuautla podría ser afectada por la caída moderada de arena volcánica y pómez cuyo espesor puede variar desde 1 mm o menos (ligera cubierta de polvo fino) en erupciones pequeñas hasta un metro de erupciones muy grandes.



Dentro de los variados fenómenos volcánicos que pueden representar un peligro para la población asentada dentro del municipio de Cuautla, Morelos, resalta un proceso común en el desarrollo de los grandes volcanes a nivel mundial. Los volcanes no pueden crecer para siempre, resultado de la actividad efusiva y explosiva. La gravedad juega un papel fundamental en la ocurrencia de fenómenos de flujo o deslizamiento. Después de la erupción del monte Sta. Helena en los EE.UU en 1980, los científicos descubrieron que una parte del edificio de un volcán puede deslizarse ladera abajo ocasionando el fenómeno conocido como avalancha de escombros.

El volcán Popocatepetl ya ha colapsado anteriormente, siendo la última vez hace aprox. 22 000 años (Siebe *et al.*, 1995). Este fenómeno no necesariamente necesita ser desencadenado por una erupción volcánica, ya que existen muchos factores que pueden desestabilizar una ladera, como el movimiento de una falla tectónica, la alteración hidrotermal al interior de las laderas del volcán etc.

Por este motivo es importante conocer el estado de equilibrio de los materiales que componen las laderas del volcán, monitoreándolo con inclinómetros y gps de alta resolución que permitan identificar los movimientos o incrementos en la altura. Cuautla se encuentra sobre el último depósito de avalancha de escombros. Al considerarse que un fenómeno geológico que ya ha ocurrido en tiempos anteriores puede repetirse, casi la totalidad del municipio debe ser considerado con un nivel alto en caso de que ocurra un fenómeno de la magnitud y característica similar al ocurrido hace 22 000 años.

Lo indicado en el párrafo anterior, aplica directamente para la localización del sistema de distribución de gas natural.



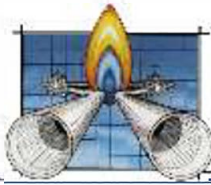
Estudio de Riesgo (ER)
“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la
Zona Geográfica: Morelos”

II

Estado de Morelos.



Figura 9 Ubicación del proyecto conforme a los principales Volcanes de México.



II.1.4 Edafología.

Los tipos de suelo existentes en el SAR del proyecto son *Andosol*, *Arenosol*, *Durisol*, *Leptosol*, *Regiosol* y *Vertisol*.

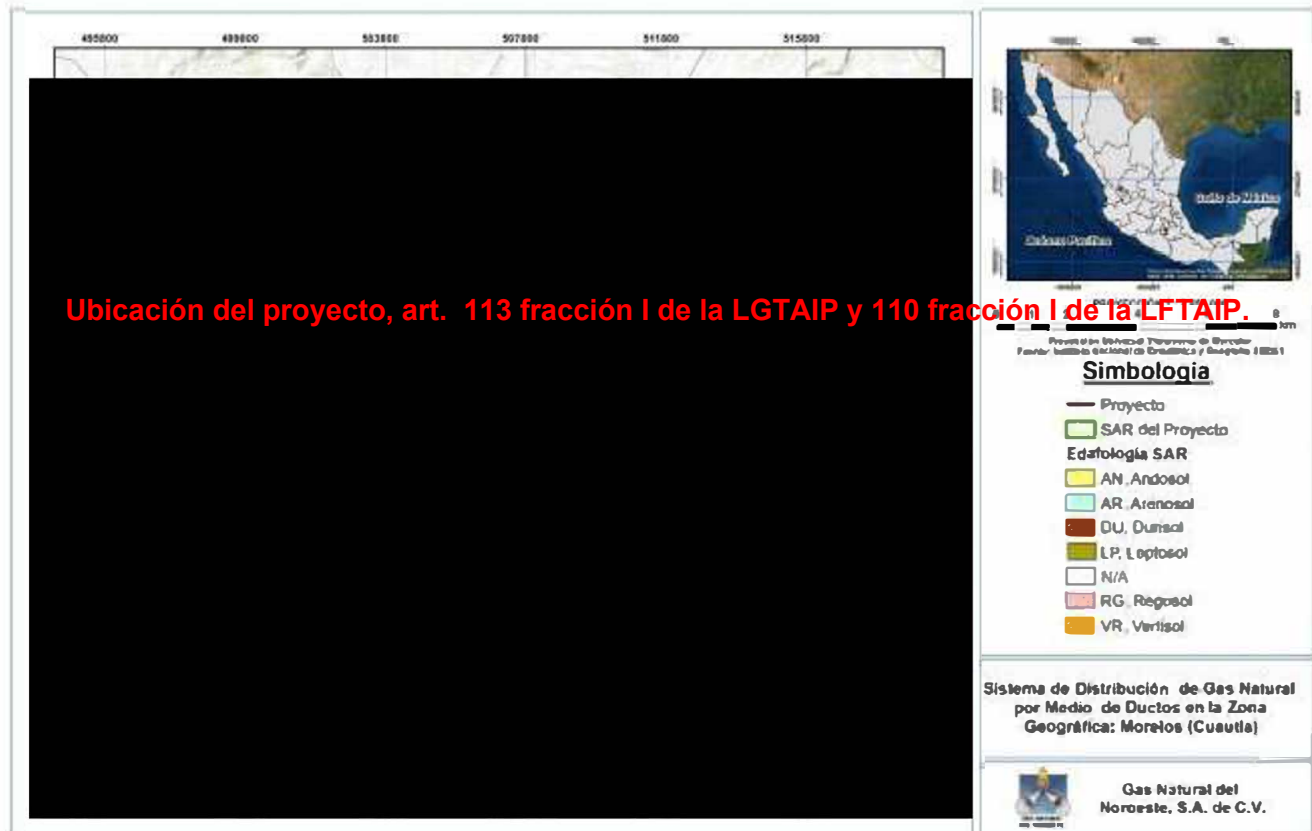


Figura 10 Edafología presente en el SAR.

Tabla 5 Tipos de Suelo en el SAR.

Clave	Descripción
AN	Andosol
AR	Arenosol
DU	Durisol
LP	Leptosol
RG	Regosol
VR	Vertisol
N/A	N/A



AN, Andosol: Los Andisoles son un Grupo de Suelos de Referencia del sistema de clasificación World Reference Base for Soil Resources (WRB) que agrupa suelos de origen volcánico de color oscuro y muy porosos. El término Andosol es una palabra compuesta de los vocablos japoneses an do que significa "suelo oscuro" y de la raíz latina sol que significa "suelo". Los Andisoles son equivalentes a la orden de los Andisoles que se emplea en la Taxonomía de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Se desarrollan a partir de cenizas y otros materiales volcánicos ricos en elementos vítreos. Tienen altos valores en contenido de materia orgánica, que pueden ser alrededor de un 20%, además tienen una gran capacidad de retención de agua y (si el pH es alto) mucha capacidad de intercambio catiónico. Se encuentran en regiones húmedas, desde las regiones circumpolares hasta las tropicales, y pueden encontrarse junto una gran variedad de vegetales. Se forman alófanos e imogolitas o complejos humus-aluminio.

El Andosol es un suelo condicionado por el material parental. En esta clase se coloca a los suelos cuya formación está condicionada principalmente por las características del material inicial (que puede ser una roca o un material sedimentario estabilizado) y, de modo secundario, por los demás factores medio ambientales. Estos suelos suelen ser formados a partir de materiales ricos en vidrios volcánicos, se encuentran generalmente en planos escarpados con pendientes que van desde 0% a 36%, son fácilmente alterables, generalmente tienen un horizonte superficial oscuro.

AR, Arenosol: El término Arenosol deriva del vocablo latino "arena" que significa arena, haciendo alusión a su carácter arenoso.

Los Arenosoles se desarrollan sobre materiales no consolidados de textura arenosa que, localmente, pueden ser calcáreos. En pequeñas áreas puede aparecer sobre areniscas o rocas silíceas muy alteradas y arenizadas.

Aparecen sobre dunas recientes, lomas de playas y llanuras arenosas bajo una vegetación herbácea muy clara y, en ocasiones, en mesetas muy viejas bajo un bosque muy claro. El clima puede ser cualquiera, desde árido a per húmedo y desde muy frío a muy cálido.

El perfil es de tipo AC, con un horizonte E ocasional. En la zona seca solo presenta un horizonte ócrico superficial. En los trópicos per húmedos tienden a desarrollar un horizonte álbico. En la zona templada húmeda muestran rasgos iluviales de humus, hierro y arcilla, sin llegar a tener carácter diagnóstico.

La mayoría de los Arenosoles en la zona seca se usan para pastoreo extensivo, más si se riegan pueden soportar una gran variedad de cultivos. En la zona templada se utilizan para pastos y cultivos, aunque pueden requerir un ligero riego en la época más seca. En los trópicos per húmedos son químicamente casi estériles y muy sensibles a la erosión, por lo que deben dejarse sin utilizar.



DU, Durisol: El término Durisol deriva del vocablo latino "durus" que significa duro, haciendo alusión al endurecimiento provocado por la acumulación secundaria de sílice.

El material original lo constituyen depósitos aluviales o coluviales con cualquier textura.

Se asocian con un clima árido, semiárido y mediterráneo. El relieve es llano o suavemente ondulado, principalmente llanuras aluviales, terrazas y suaves pendientes de pie de monte.

El perfil es de tipo AC o ABC. Los suelos erosionados que dejan al descubierto el horizonte Petro dúrico son frecuentes en pendientes suaves.

La mayoría de los Durisoles solo pueden ser usados para pastizales extensivos. En zonas donde el regadío es posible, pueden utilizarse para cultivos; en ese caso el horizonte Petro dúrico, si está cerca de la superficie, debe romperse.

LP, Leptosol: El término leptosol deriva del vocablo griego "leptos" que significa delgado, haciendo alusión a su espesor reducido.

El material original puede ser cualquiera tanto rocas como materiales no consolidados con menos del 10 % de tierra fina.

Aparecen fundamentalmente en zonas altas o medias con una topografía escarpada y elevadas pendientes. Se encuentran en todas las zonas climáticas y, particularmente, en áreas fuertemente erosionadas.

El desarrollo del perfil es de tipo AR o AC, muy rara vez aparece un incipiente horizonte B. En materiales fuertemente calcáreos y muy alterados puede presentar un horizonte Móllico con signos de gran actividad biológica.

Son suelos poco o nada atractivos para cultivos; presentan una potencialidad muy limitada para cultivos arbóreos o para pastos. Lo mejor es mantenerlos bajo bosque.

RG, Regosol: El término Regosol deriva del vocablo griego "rhegos" que significa sábana, haciendo alusión al manto de alteración que cubre la tierra.

Los Regosoles se desarrollan sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina.

Aparecen en cualquier zona climática sin permafrost y a cualquier altitud. Son muy comunes en zonas áridas, en los trópicos secos y en las regiones montañosas.

El perfil es de tipo AC. No existe horizonte de diagnóstico alguno excepto un ócrico superficial. La evolución del perfil es mínima como consecuencia de su juventud, o de un lento proceso de formación por una prolongada sequedad.

Su uso y manejo varían muy ampliamente. Bajo regadío soportan una amplia variedad de usos, si bien los pastos extensivos de baja carga son su principal utilización. En zonas montañosas es preferible mantenerlos bajo bosque.



VR, Vertisol: El término vertisol deriva del vocablo latino "vertere" que significa verter o revolver, haciendo alusión al efecto de batido y mezcla provocado por la presencia de arcillas hinchables.

El material original lo constituyen sedimentos con una elevada proporción de arcillas esmectíticas, o productos de alteración de rocas que las generen.

Se encuentran en depresiones de áreas llanas o suavemente onduladas. El clima suele ser tropical, semiárido a subhúmedo o mediterráneo con estaciones contrastadas en cuanto a humedad. La vegetación climática suele ser de savana, o de praderas naturales o con vegetación leñosa.

El perfil es de tipo ABC. La alternancia entre el hinchamiento y la contracción de las arcillas genera profundas grietas en la estación seca y la formación de superficies de presión y agregados estructurales en forma de cuña en los horizontes subsuperficiales.

Los Vertisoles se vuelven muy duros en la estación seca y muy plásticos en la húmeda. El labrado es muy difícil excepto en los cortos periodos de transición entre ambas estaciones. Con un buen manejo, son suelos muy productivos.

II.1.5 Hidrología.

El SAR y el proyecto quedan comprendidos en términos administrativos, dentro las siguientes regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas:

Tabla 6 Características de la Región Hidrológica donde se ubica el SAR.

Región Hidrológica	Cuenca	Subcuenca
Balsas	R. Grande de Amacuzac	R. Cuautla y R. Yautepec

La región hidrológica RH18 "Balsas"

Cubre toda la superficie estatal, drenando las aguas de la entidad hacia el río Balsas para verter finalmente sus aguas al océano Pacífico. Las cuencas de esta región hidrológica y la porción del territorio estatal que cobijan son: Río Grande de Amacuzac (86.95%) y Río Atoyac (13.05%).

El río Grande de Amacuzac nace en el estado de Guerrero en un sitio cercano a las grutas de Cacahuamilpa, entra a Morelos por el suroeste y termina uniéndose al río Balsas en el estado de Guerrero. En su recorrido por Morelos recibe las aguas de los ríos Cuautla, Yautepec, Apatlaco, Tembembe y Chalma.

Las principales lagunas y lagos del estado son: Laguna Tequesquitengo y laguna Coatetelco.

Las principales presas del estado son: Presa Laguna El Rodeo, Presa Tierra y Libertad (Cayehuacán), Presa Ing. Manuel Pastor (Los Carros), Presa Emiliano Zapata (Tilzapotla), Presa Ing. Felipe Ruíz de



Velazco (Coahuixtla), Presa Gral. Francisco Leyva (Chinameca), Presa la Laguna y Presa el Abrevadero.

En referencia a las aguas subterráneas la CONAGUA tiene delimitados 4 acuíferos en la entidad, de los cuales ninguno está sobreexplotado. En general el estado presenta un balance hídrico positivo; es decir que la recarga supera a la extracción, con un superávit de 45 millones de metros cúbicos. Los acuíferos delimitados son: 1701 Cuernavaca, 1702 Cuautla – Yautepec, 1703 Zacatepec y 1704 Tepalcingo – Axochiapan.

Garrido, et. al (2010), señala que para el estudio de las cuencas hidrográficas, éstas se subdividen bajo un esquema espacial jerárquico en unidades de orden, dimensiones y complejidad siendo las unidades más utilizadas para subdividirla: subcuencas y microcuencas. Estos niveles de subdivisión están en función de la escala geográfica de análisis, datos disponibles y extensión de la cuenca, entre otros aspectos.

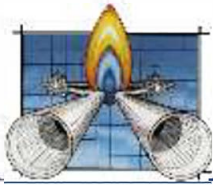
1. **Cuenca Alta.** Área de colecta o captación, donde el agua es captada, infiltrada y posteriormente concentradas transformándose en escorrentía. Éstas son zonas aledañas a la divisoria de aguas, ubicadas en las porciones altimétricamente más elevadas. Entre otras de sus características principales es que abarcan sistemas de montañas y lomeríos, asimismo predomina la iniciación y confluencia de corrientes de primer y segundo orden, evidenciando casi siempre procesos fluvio-erosivos, debido a un mayor grado de energía del relieve por el mayor grado de inclinación de las pendientes.

La cuenca alta se considera como zona clave para el manejo integrado de todo el sistema hidrográfico al ser el área donde se infiltra una gran cantidad de agua que se precipita en toda la unidad y alimenta los flujos subterráneos. Asimismo, su importancia radica en que aquí surgen las corrientes incipientes que alimentan a los ríos y cuerpos de aguas superficiales.

2. **Cuenca Media.** Área de almacenamiento hídrico, cuya capacidad variará en cantidad y duración dentro del sistema. Esta es una zona de transición entre la cuenca alta y la cuenca baja del sistema hidrográfico donde se llevan a cabo funciones mixtas, pues además de almacenar también desaloja agua cuenca abajo. Se caracteriza por presentarse en el sistema de lomeríos, colinas, valles y planicies intermontanas, porciones superiores de abanicos aluviales y rampas de piedemonte con una energía de relieve y pendiente media. Se observa una mayor integración de la red de drenaje con órdenes intermedio, esto es corrientes de segundo, tercer y cuarto orden. En esta área se presenta un equilibrio entre el material sólido que llega traído por las corrientes de agua y el material que sale.

La cuenca baja suele ser la zona más apta para el almacenamiento hídrico pues la red de drenaje comienza a integrarse y robustecerse debido a la confluencia de afluentes de órdenes mayores.

3. **Cuenca Baja.** Área de descarga, salida o emisión hídrica que generalmente se presentará en forma de escorrentía. Abarca la porción altimétricamente más baja de la cuenca e incluye las áreas aledañas al cauce principal antes de su salida al mar. Comprende las áreas de planicies



Estudio de Riesgo (ER)

"Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos"

II

Estado de Morelos.

de inundación ordinaria y extraordinaria, abarca las terrazas fluviales y los lechos ordinarios y extraordinarios de inundación así como las áreas de abanicos coalescentes. En algunas cuencas, estas zonas son muy estrechas debido a la referencia tectónica o neo-tectónica en las líneas de costa o muy extensas abarcando sistemas meándricos y lagunares. Es un área con nula o mínima pendiente del relieve donde las corrientes comienzan a disminuir su velocidad y erosividad, transformándose en áreas de mayor estabilidad ya que presentan mínima energía y se aprecian procesos deposicionales predominantemente. El límite extremo de esta zona funcional es también el límite de un cuerpo colector interno (en sistemas endorreicos) o la línea de costa (sistemas exorreicos).

En la funcionalidad hídrica de una cuenca intervienen muchos factores a diferentes escalas geográficas, y en diferentes niveles de interacción. Entre estos factores destacan la esorrentía (su temporalidad y cantidad), el régimen hídrico de los ríos, el arreglo, tamaño y la estructura de la red de drenaje, el régimen de lluvias, las variables climáticas, la geomorfología y la morfodinámica de la cuenca, los tipos de suelo, el tipo de cobertura vegetal, el uso de tierras y el tamaño de la cuenca

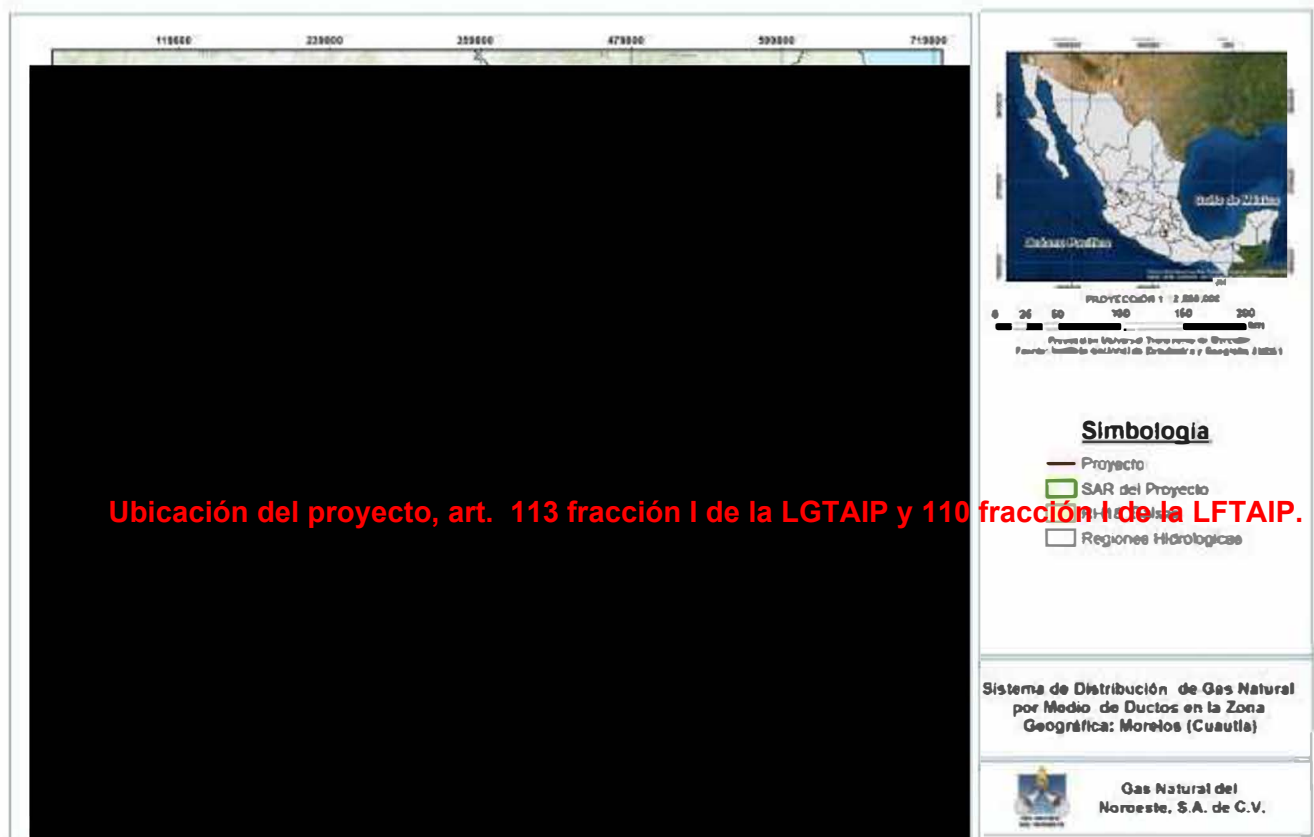
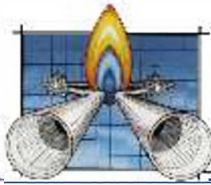


Figura 11 Región Hidrológica en la que incide el SAR del proyecto.



Estudio de Riesgo (ER)

"Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos"

Estado de Morelos.

II



Figura 12 Cuenca Hidrológica en la que incide el SAR del proyecto.



Figura 13 Subcuenca Hidrológica en la que incide el SAR del proyecto.

El proyecto cruzará de manera direccional el Río Cuautla, dicha técnica (descrita en el capítulo II) permite la instalación de la tubería de conducción de manera direccional y a una profundidad de acuerdo a los resultados del estudio geohidrológico, por lo que no se tiene ninguna afectación al cauce natural del cuerpo de agua, por lo que las afectaciones hacia este recurso son mínimas.

Río Cuautla.

Es un raudal de breve recorrido que se origina en las alturas del volcán mexicano de [Popocatepetl](#), transita el [estado de México](#) y de [Morelos](#). Al ser un río urbano se encuentra severamente afectado por la contaminación a pesar de albergar una zona bajo régimen de protección ambiental.

Uno de los pulmones del estado de Morelos lo constituye el Área Natural Protegida del Río Cuautla, su superficie bajo protección es de 152.31 hectáreas, con la finalidad de preservar el equilibrio ecológico y el bienestar de su población. Se le conoce como Zona Sujeta a Conservación Ecológica "Los Sabinos, Santa Rosa y San Cristóbal", la cual comprende un ecosistema de bosques de galería y selva baja caducifolia.



Figura IV. 1 Acuífero en el que incide el Proyecto.

Coordenada del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP

El acuífero Cuautla-Yautepec, definido con la clave 1702 del Sistema de Información Geográfica para el Manejo de las Aguas Subterráneas de la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción central del Estado de Morelos, geográficamente se localiza entre los paralelos [REDACTED] de latitud norte y los meridianos [REDACTED] de longitud oeste, abarcando una superficie aproximada de 2 558 km², incluyendo los municipios del Estado de México.

Limita al norte con los acuíferos Chalco-Amecameca, perteneciente al Estado de México y Zona Metropolitana de la Ciudad de México, perteneciente al Distrito Federal; al noreste con los acuíferos Valle de Puebla y Atlixco-Izúcar de Matamoros, pertenecientes al Estado de Puebla; al este con el acuífero Tepalcingo-Axochiapan, perteneciente al Estado de Morelos; al sur con los acuíferos Ixcaquixtla, perteneciente al Estado de Puebla y Huitzuc, perteneciente al Estado de Guerrero; al oeste con los acuíferos Zacatepec y Cuernavaca, pertenecientes al Estado de Morelos

Geopolíticamente el área que comprende el acuífero cubre totalmente los municipios Atlautla, Ozumba, Tepetlixpa y Ecatzingo, del Estado de México y los municipios Tlalnepantla, Ocuituco, Yecapixtla, Atlatlahucan, Totolapan, Tlayacapan, Yautepec, Cuautla y Ayala; de manera parcial comprende los municipios Juchitepec, del Estado de México y Tepoztlán, Tetela del Volcán, Zacualpan de Amilpas, Tlaltizapán, Tlaquiltenango y Tepalcingo; y pequeñas porciones de los municipios Jiutepec, Temoac, Jonacatepec y Emiliano Zapata.

El acuífero se encuentra ubicado en la Región Hidrológica 18 “Río Balsas”, Subregión Hidrológica “Medio Balsas”, cuenca del Río Amacuzac. La región hidrológica comprende el 6% de la masa continental del territorio mexicano, entre los paralelos [REDACTED] de latitud norte y los meridianos [REDACTED] de longitud oeste, abarca porciones de varias regiones económicamente importantes del centro-occidente y centro-sur de México, a través de ocho estados de la república. Sobre los ríos Cuautla, Ayala y Yautepec existen 21 pequeñas presas derivadoras con capacidad promedio de 110 000 m³ que en parte abastecen de agua a 14 000 ha de tres módulos de riego pertenecientes al Distrito de Riego No. 16. La red hidrográfica del área Cuautla-Yautepec define un acomodo muy particular, en la porción norte no existe un arreglo hidrográfico definido, es hasta la ladera de la Sierra Chichinautzin donde se define una red de tipo dendrítica. En la ladera del Volcán Popocatepetl se presenta una red de drenaje tipo radial, que cambia a dendrítica en la parte baja; ambas confluyen a los colectores de la zona, el río Yautepec y el río Cuautla, afluentes del río Amacuzac.



Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA)

La disponibilidad de aguas subterráneas, constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas.

Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

$$\text{DMA} = R - \text{DNC} - \text{VEAS}$$

$$\text{DMA} = 348.6 - 256.0 - 93.119800$$

$$\text{DMA} = -0.519800 \text{ hm}^3 / \text{año}.$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de 519 800 m³ anuales que se están extrayendo a costa del almacenamiento no renovable del acuífero.

Fuente: ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA EN EL
ACUÍFERO CUAUTLA-YAUTEPEC (1702), ESTADO DE MORELOS
2020



II.1.6 Uso de Suelo y Vegetación.

Conforme al análisis de diferentes fuentes de información, tanto en campo como a nivel documental y considerando el sistema de clasificación de Miranda y Hernández (1963) y de Rzedowski (1978), se determinó que el sistema ambiental regional se encuentra ocupado por cubierta agricultura de temporal anual.

No obstante, las actividades productivas que se han desarrollado por décadas en la región propiciaron la eliminación de extensas superficies de la masa forestal para el establecimiento de áreas agrícolas y de pastoreo, así como el cambio de uso forestal a urbano.

A continuación, se indican los Usos de Suelo y Vegetación existentes en el SAR:

Tabla 7 Uso de Suelo y Vegetación en el SAR del Proyecto.

Clave	Descripción	Superficie (HAS)	Porcentaje (%)
TA	Agricultura de Temporal Anual	12 091.89	62.48
AH	Urbano Construido	5 601.75	28.95
VSa/SBC	Vegetación de Selva Baja Caducifolia	1 534.34	7.93
VSa/BQ	Vegetación de Bosque de Encino	103.44	0.53
PI	Pastizal Inducido	21.60	0.11

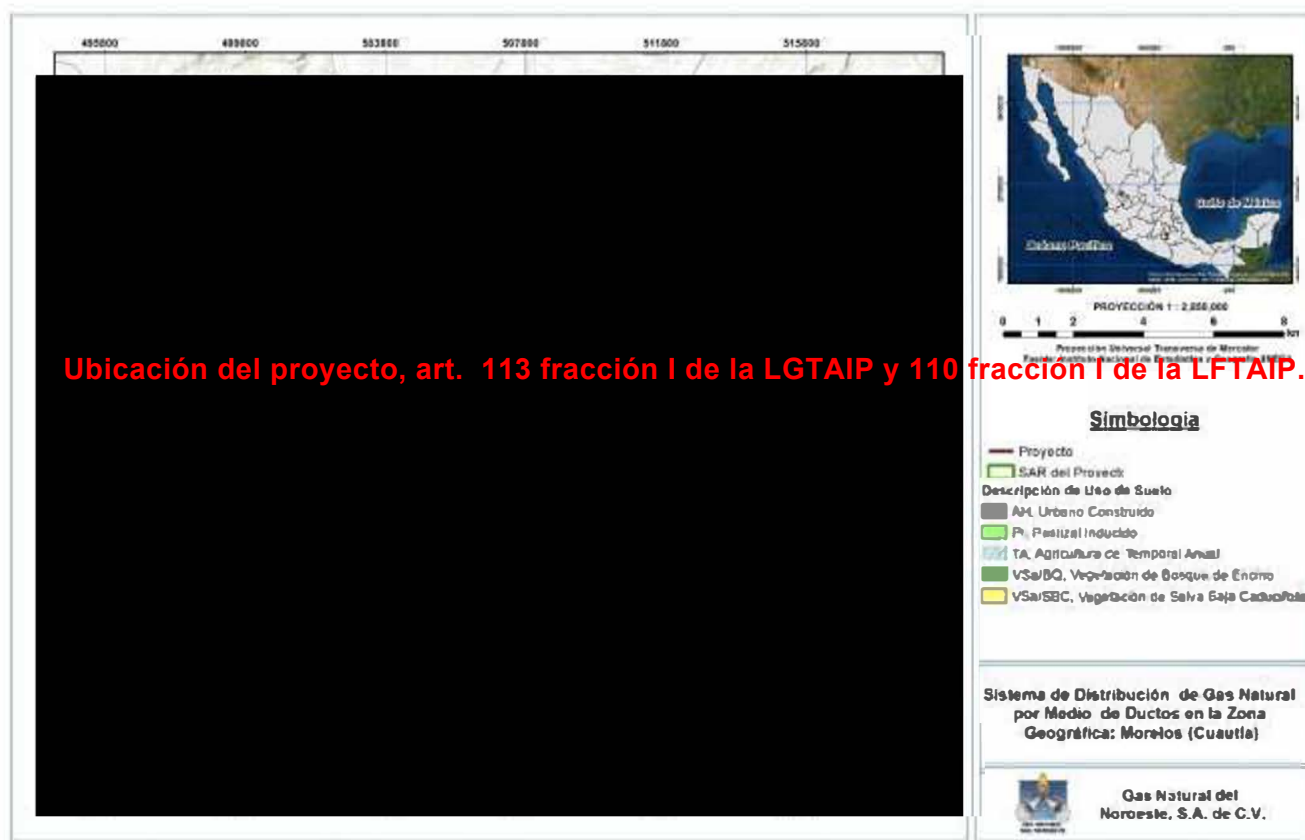


Figura 14 Uso de Suelo y Vegetación en el SAR del proyecto.

Uso de Suelo y Vegetación en el SAR.

Durante los recorridos de campo por las áreas aledañas a la zona urbana de Cuautla y de manera general en el Sistema Ambiental Regional (SAR), se constató que en mayor medida no hay áreas con vegetación natural ya que abundan los terrenos dedicados a la agricultura, solo se pudieron identificar algunas especies pertenecientes a la vegetación secundaria de la Selva baja caducifolia, las cuales se indican a continuación:

Tabla 8 Especies identificadas de la Selva baja caducifolia.

Nombre científico	Nombre común	Familia	Estatus de Conservación
Leucaena sp	Guaje	<i>Mimosoideae (Leguminosae)</i>	No enlistada
Opuntia sp	Nopal, cholla	<i>Cactaceae</i>	No enlistada
Ipomoea sp	Palo santo	<i>Convolvulac eae</i>	No enlistada
Acacia sp	--	<i>Mimosoideae (Leguminosae)</i>	No enlistada



Tabla 9 Árboles

Nombre científico	Nombre común	Familia	Estatus de Conservación
Leucaena sp	Guaje	Mimosoideae (Leguminosae)	No enlistada
Quercus sp	Encino, encina, roble, charrasquillo	Fagaceae	No enlistada
Brahea sp.	Palma	Arecaceae (Palmae)	No enlistada
Alvaradoa amorphoides	Plumajillo, camarón	Simaroubaceae	No enlistada
Lysiloma microphyllum	Tepeguaje	Fabaceae (Leguminosae)	No enlistada

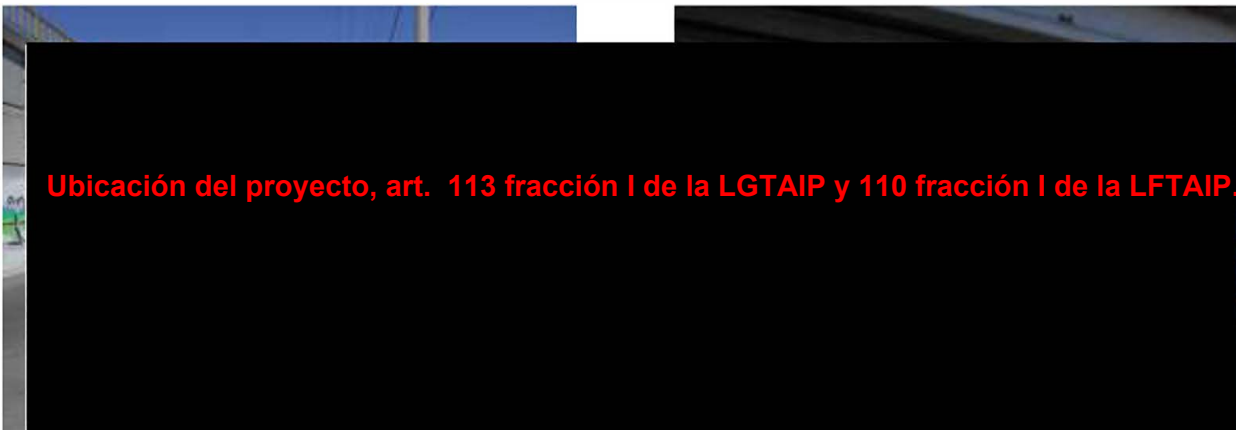
Tabla 10 Arbustos.

Nombre científico	Nombre común	Familia	Estatus de Conservación
Leucaena sp	Guaje	Mimosoideae (Leguminosae)	No enlistada
Quercus sp	Encino, encina, roble, charrasquillo	Fagaceae	No enlistada
Opuntia sp	Nopal, cholla	Cactaceae	No enlistada
Crescentia sp	Jícaro	Bignoniaceae	No enlistada
Stenocereus sp	Pitayo, organo	Cactaceae	No enlistada
Byrsonima sp	Nanche	Malpighiaceae	No enlistada
Acacia sp	--	Mimosoideae (Leguminosae)	No enlistada
Haematoxylum brasiletto	Brasil	Fabaceae	No enlistada
Phragmites sp	Carrizo	Poaceae	No enlistado

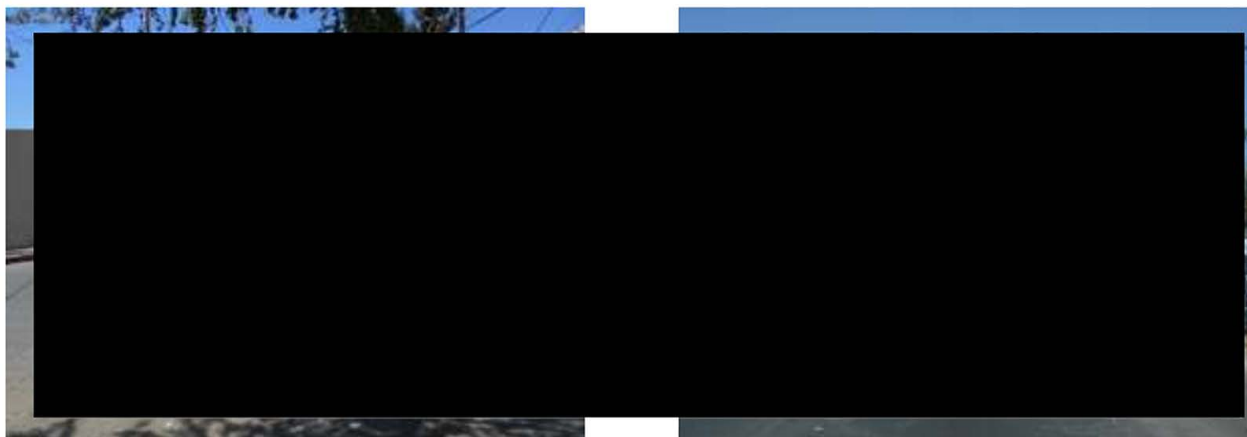
Tabla 11 Herbáceas.

Nombre científico	Nombre común	Familia	Estatus de Conservación
Ipomoea sp	Palo santo	Convolvulac eae	No enlistada
Scirpus	Tule	Cyperceae	No enlistada

En lo que corresponde a la trayectoria definida para el tendido de tubería, se constató que el Sistema de Distribución de Gas Natural quedará instado dentro de derechos de vía de vialidades urbanas de la cabecera municipal de Cuautla, Mor., por lo que no se causarán afectaciones a la vegetación existente en el SAR.



Fotos 3 y 4 Características de las vialidades por donde se proyecta la instalación del sistema para distribución de gas natural.



Fotos 5 y 6 Características de las vialidades por donde se proyecta la instalación del sistema para distribución de gas natural.

B) Fauna.

Estado de Morelos

En el bosque de coníferas y encinos: rata y ratón de campo, ardilla, murciélago, mapache, zorrillo, coyote, tlacuache, lince o gato montés, conejo, coatí, tuza, zorra gris, cacomixtle y musaraña. En la selva seca: comadreja, nutria de río y zorrillo listado. Animal en peligro de extinción: zacatucho.

Municipio de Yecapixtla

La fauna que constituye al municipio de Yecapixtla es: Venado de cola blanca, mapache, zorrillo, ardillas, ratón de los volcanes, puma o león americano, codorniz moctezuma, gallinita del monte, paloma bellotera, urraca azul, jilguero, mulato floricano y primavera roja, víbora de cascabel y víbora ratonera, ranas y lagartijas.

Fuente: Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México.



Municipio de Yecapixtla, Morelos.

Municipio de Cuautla

Entre las especies de animales más comunes en el municipio de Cuautla se encuentran: caballos, asnos, chivos, cerdos, perros, gatos, conejos, plagas, tusas, tlacuaches, tejones, murciélagos, etc. También se encuentran arácnidos e insectos como: abejas, avispas, moyotes, luciérnagas, chicharras, etc.

Dentro de las aves se encuentran: gallinas, guajolotes, patos, gorriones, palomas, golondrinas, tórtolas, codornices, pavorreales, huracac, etc. También se cuenta con algunas clases de reptiles como son: iguanas, lagartijas de muy diversas variedades, víboras. Además de peces y batracios

Fuente: Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México.
Municipio de Cuautla, Morelos.

Dado que el área del trazo presenta grandes modificaciones al paisaje debido a las actividades productivas que ahí se desarrollan (urbanas, agrícolas y pecuarias), el listado de fauna que se puede presentar es limitado, y se basa en observaciones directas al momento de los recorridos y revisión bibliográfica de diferentes fuentes, además de entrevistas con personas del lugar.

A continuación, se presentan a las especies por grupo faunístico.

Tabla 12 Mamíferos.

Nombre científico	Nombre común	Familia
<i>Basariscus astutu</i>	Cacomixtle	<i>Procyonidae</i>
<i>Canis latrans</i>	coyote	<i>Canidae</i>
<i>Gato montes</i>	Lynx rufus	<i>Felidae</i>
<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache	<i>Didelphidae</i>
<i>Mephitis mephitis</i>	Zorrillo	<i>Canidae</i>
<i>Urocyon cinereargenteus</i>	Zorra gris	<i>Canidae</i>
<i>Mustela frenata</i>	Comadreja	<i>Mustelidae</i>

Tabla 13 Aves.

Nombre científico	Nombre común
<i>Melanerpes chrysogenys</i>	Carpintero enmascarado
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mayor
<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario
<i>Turdus rufopalliatus</i>	Mirlo dorso canela
<i>Columbina inca</i>	Tórtola cola larga
<i>Passer domesticus</i>	Gorrión casero



Tabla 14 Anfibios.

Nombre científico	Nombre común
Spea multiplicata	Sapo montícola de espuela

Cabe mencionar que, ninguna de las especies de fauna indicadas en las tablas anteriores, se encuentran en los listados de la NOM-059-SEMARNAT-2010.



II.1.7 Áreas Naturales Protegidas (ANPs).

De acuerdo a la consulta de información realizada en las diferentes fuentes bibliográficas digitales e impresas, se constató que dentro del Sistema Ambiental Regional no existen ANPs de carácter Federal o Municipal, tal y como fue descrito en el Capítulo III de la presente manifestación.

Dentro del Sistema Ambiental Regional existen ANPs de carácter Estatal, tal y como se muestra en la Figura 15, Corresponde al ANP Los Sabinos-Santa Rosa-San Cristobal (Río Cuautla).

Zona Sujeta a Conservación Ecológica Los Sabinos-Santa Rosa- San Cristóbal

El río Cuautla, se forma con parte de los escurrimientos del volcán Popocatepetl y de los manantiales de Pazulco. Junto con sus tributarios, atraviesa los municipios de Tetela del Volcán, Yecapixtla, Atlatlahuacan, Ocuituco, Cuautla, Ayala y Tlaltizapán para desembocar en el río Amacuzac, al suroeste de la población de Nexpa.

La cabecera de este sistema fluvial está circundada por volcanes, el más prominente es el Popocatepetl y por algunos macizos rocosos cubiertos de monte. El agua de los deshielos corre por los lechos de las barrancas en su descenso hacia el sur. En el talud y planicie de la cuenca, las corrientes subterráneas afloran con profusión en Cuautla, lo que se traduce en una enorme riqueza de agua contenida en manantiales, los cuales están completamente rodeados por la zona urbana del Municipio de Cuautla principalmente.

Localización Geográfica

Se encuentra ubicado al oriente del Estado, en el municipio de Cuautla, entre las coordenadas extremas UTM= X=

Coordenada del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP

Ecosistema

Bosque de Galería y Selva Baja Caducifolia.

Superficie bajo protección

152.31 hectáreas que contempla un área núcleo constituida por las superficies en contacto directo con los manantiales y área de amortiguamiento que sirve de protección a las primeras, sujetándolas al programa de manejo y uso del suelo.

Objeto de creación del Área Natural Protegida:

Se hizo necesario proteger el patrimonio y promover la conservación de los ecosistemas representativos por su belleza natural de los municipios de Cuautla, Ciudad Ayala y Yecapixtla; regular el crecimiento urbano y la presión demográfica que se ejerce sobre la rivera del Río Cuautla la zona de manantiales; normar y racionalizar las actividades productivas, así como proteger la zona de recarga de los mantos acuíferos; mantener y conservar el aporte de los manantiales Los Sabinos, Santa Rosa, siendo de donde se extraen recursos hidrológicos utilizados para usos urbanos, industriales, servicios y agrícolas; conservar el aporte a los escurrimientos de la región; contribuir al mejoramiento de la calidad de vida y del medio ambiente para los habitantes del Río Cuautla; preservar la generación de servicios ambientales y espacios de esparcimiento que provee a los habitantes de la Ciudad de Cd. Ayala y Yecapixtla; conservar las especies de flora y fauna existentes en Río Cuautla y conservar los



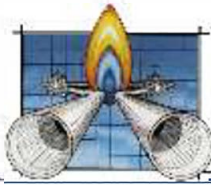
remanentes bosque de galería y Selva Baja Caducifolia con vegetación secundaria por los servicios ambientales que prestan.

FLORA

La asociación vegetal predominante en la zona es bosque de galerías, la cual se caracteriza por ser el tipo de vegetación asociada a cuerpos de agua y ríos. Son árboles de gran talla como el sabino o ahuehuete (*Taxodium mucronatum*), sauces (*Salix bonplandiana*), amates (*Ficus insipida*, *Ficus petiolaris*) y algunas más. Se encuentran relictos de Selva baja Caducifolia como guamúchil (*Pithecellobium dulce*), guaje rojo (*Leucaena esculenta*), higuera (*Ricinus communis*), cazahuate (*Ipomoea arborea*), ayoyote (*Astianthus viminalis*), capulincillo (*Nectandra salicifolia*) tempisque (*Sideroxylon capiri*), ardillo (*Alvaradoa amorphoides*) y mezquite (*Prosopis laevigata*)

FAUNA

Se reportan 80 especies de aves, de las más comunes son colibrí corona violeta (*Amazilia violiceps*), momoto corona canela (*Momotus mexicanus*), carpintero enmascarado (*Melanerpes formicivorus*), mirlo dorso canela (*Turdus rufopalliatus*) luisito común (*Myocetes similis*), calandria dorso rayado (*Icterus pustulatus*) y gorrión doméstico (*Passer domesticus*); 16 especies de mamíferos como tejón (*Nasua narica*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), conejo común (*Sylvilagus cunicularius*) y tlacuache (*Didelphis virginiana*); en anfibios y reptiles se han registrado 13 especies, la más común es la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), y cinco especies de peces como mexcalpique cola partida (*Ilyodon whitei*), carpita tepelneme (*Notropis moralesi*) y topote del Balsas (*Poecilia maylandi*).



Estudio de Riesgo (ER)
"Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la
Zona Geográfica: Morelos"

II

Estado de Morelos.

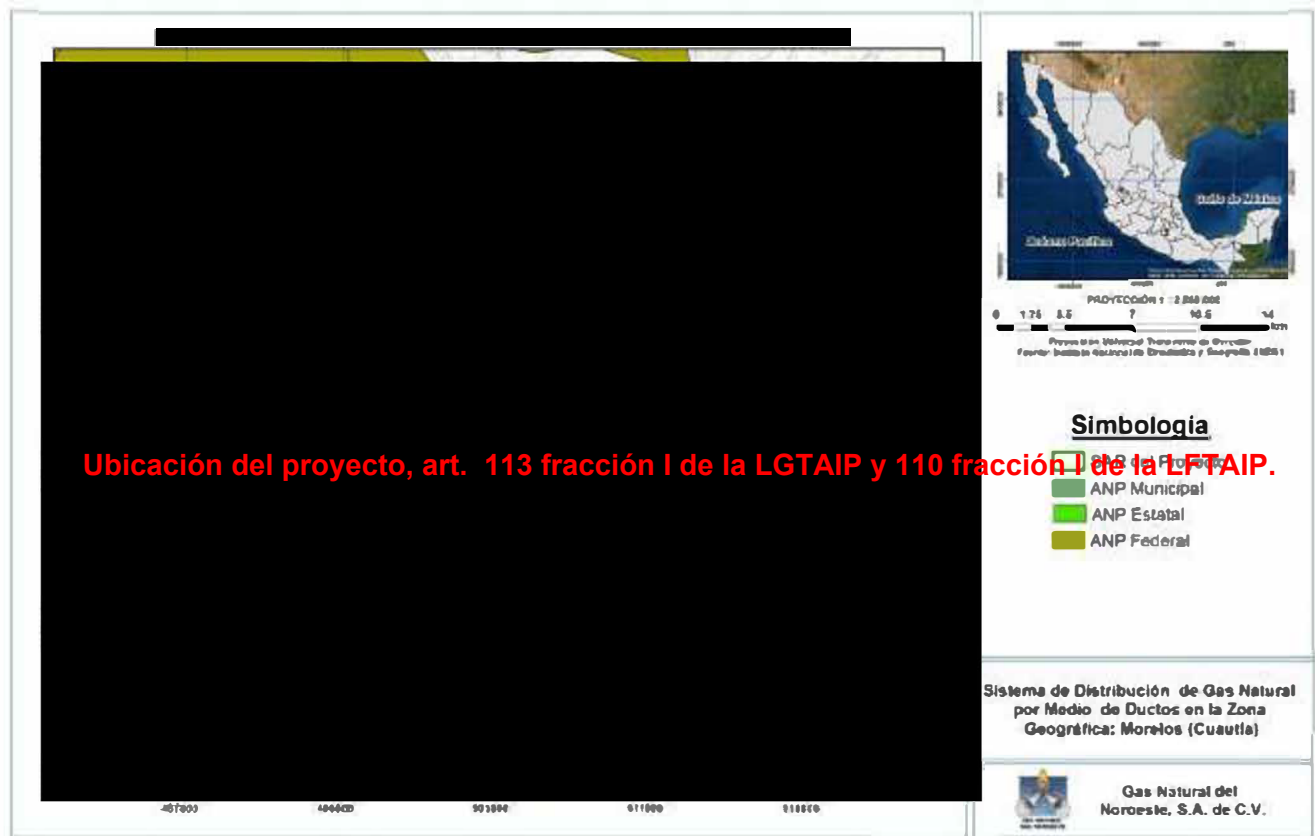


Figura 15 ANPs en el SAR.



Índice

III. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGOS.	2
III.1 ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS	2
III.1.1 Antecedentes de Accidentes e Incidentes	2
III.1.2 Listas de Verificación	15
III.2 ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS	17
III.2.1 Consideraciones para el Análisis Cualitativo de Riesgos	18
III.2.2 Análisis de Riesgo y Operabilidad (HAZOP)	19
III.2.3 Análisis Qué Pasa sí...??	24
III.2.4 Jerarquización de Riesgos	26
III.2.5 Escenarios de Riesgo Identificados	31

Índice de Tablas

Tabla 1 Antecedentes de accidentes e incidentes	13
Tabla 2 Resultados de la aplicación de la Lista de Verificación	16
Tabla 3 Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs) utilizados	21
Tabla 4 Nodos Seleccionados	21
Tabla 5 Consecuencias (en forma descriptiva)	21
Tabla 6 Frecuencia de ocurrencia de los eventos	22
Tabla 7 Matriz de riesgos	23
Tabla 8 Definiciones de las diferentes regiones de riesgo	23
Tabla 9 Sistema Seleccionado	25
Tabla 10 Tabla de Consecuencias	26
Tabla 11 Tabla de Frecuencias	27
Tabla 12 Matriz de Jerarquización de Riesgos al Medio Ambiente (MA)	28
Tabla 13 Matriz de Jerarquización de Riesgos a las Instalaciones/Producción (Pr)	28
Tabla 14 Matriz de Jerarquización de Riesgos a la Población (Po)	29
Tabla 15 Matriz de Jerarquización de Riesgos al Personal (Pe)	29
Tabla 14 Matriz de Jerarquización de Riesgos al Medio Ambiente (MA)	30
Tabla 15 Matriz de Jerarquización de Riesgos a la Población (Po)	31
Tabla 16 Escenarios de Riesgo Identificados en el HAZOP por receptor de riesgo	32
Tabla 17 Escenarios de Riesgo Identificados en el What If, por receptor de riesgo	33



III. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGOS.

Para la realización del presente Estudio de Riesgo del Sector Hidrocarburos inherente a la construcción y operación del Sistema de Distribución de Gas Natural por parte de la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., se empleó la **Ingeniería Básica Extendida**.

III.1 ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS.

El análisis e identificación de peligros se realizará mediante las técnicas de Análisis Histórico de Accidentes y Listas de Verificación. Estas técnicas se fundamentan en un análisis de la información documental, contemplando además los siguientes rubros:

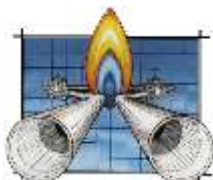
- ✓ La evaluación de incidentes y accidentes ocurridos en las instalaciones afines (considerando instalaciones, sustancias involucradas, evento o causa del accidente, nivel de afectación y acciones realizadas).
- ✓ Identificación preliminar del riesgo mediante la aplicación de listas de verificación basadas en la normatividad aplicable para el tipo de proyecto en evaluación.

III.1.1 Antecedentes de Accidentes e Incidentes.

En el manejo y operación de gasoductos utilizados para la conducción de gas natural, se propone una metodología de análisis de riesgo operativo, debido a los daños causados por fallas mecánicas y debido a terceras partes originadas por la extracción descontrolada de gas natural en tomas no autorizadas (tomas clandestinas), en los ductos de conducción de gas natural de las diferentes compañías abastecedoras de gas y principalmente, en ductos a cargo de PEMEX.

De los estudios y análisis realizados por dependencias con gran experiencia dentro del ramo (tal es el caso de PEMEX), se concluye que el factor de riesgo con mayor probabilidad de ocurrencia en gasoductos, es debido principalmente por daños de terceras partes, seguido de los daños por corrosión o fenómenos meteorológicos.

Por ejemplo, en el documento “Estudios de Caso de Fallas y Accidentes en Gasoductos y Oleoductos” realizado por Francisco A. Rumiche P. y J. Ernesto Indacochea B., argumenta que, con relación a las causas de falla, se muestra que la corrosión e interferencia externa son las más comunes en los sistemas europeos y americanos. Así mismo, menciona que “*En el caso de la ex Unión Soviética (SU Gas) se puede observar un alto índice de falla debido a defectos en el material y errores de construcción*”. Referente a las causas más comunes de falla en el 2005 para sistemas de transporte de gas natural en los Estados Unidos, es el daño ocasionado en áreas urbanas debido a operaciones de excavación por terceros, además, es importante notar que el porcentaje de fallas debido a materiales o soldaduras defectuosas es casi nulo comparado con las causas comunes de falla, lo cual se debe al estricto control y



Estudio de Riesgo (ER)

“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

Estado de Morelos.

III

mejoramiento durante los procesos de construcción e inspección en sistemas de tuberías. Ver Figuras 1 y 2.

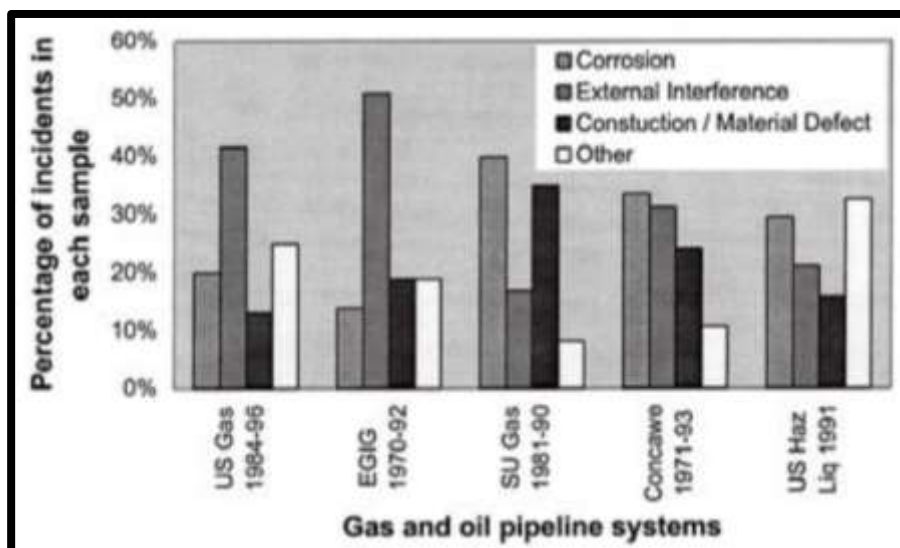


Figura 1 Causas de falla más comunes a nivel mundial

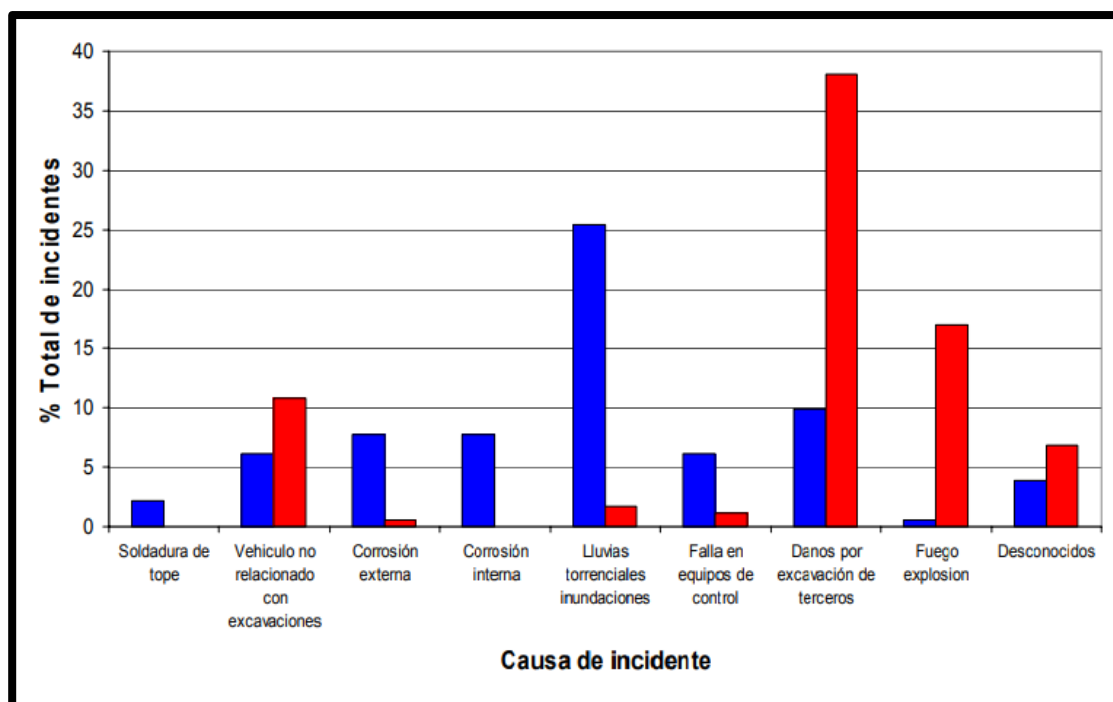


Figura 2 Causas de falla más comunes en gasoductos en Estados Unidos (2005).

Fuente: Estudios de Caso de Fallas y Accidentes en Gasoductos y Oleoductos
Francisco A. Rumiche P. y J. Ernesto Indacochea B.
Joining Science & Advanced Materials Research Laboratory
Materials Engineering Department
University of Illinois at Chicago,



Chicago IL 60607 – USA

En años recientes, algunas causas fundamentales del incremento de accidentes en los gasoductos de PEMEX han sido, la inadecuada evaluación de estos y la falta de gestión para erradicar esta problemática, adicionalmente no hay una base de datos histórica de accidentes en ductos de transporte o distribución de hidrocarburos disponible de manera oficial en el país, estas circunstancias repercuten negativamente en la funcionalidad de los ductos en México.

Sin embargo, para poliductos de PEMEX, se encontraron datos históricos de accidentes:

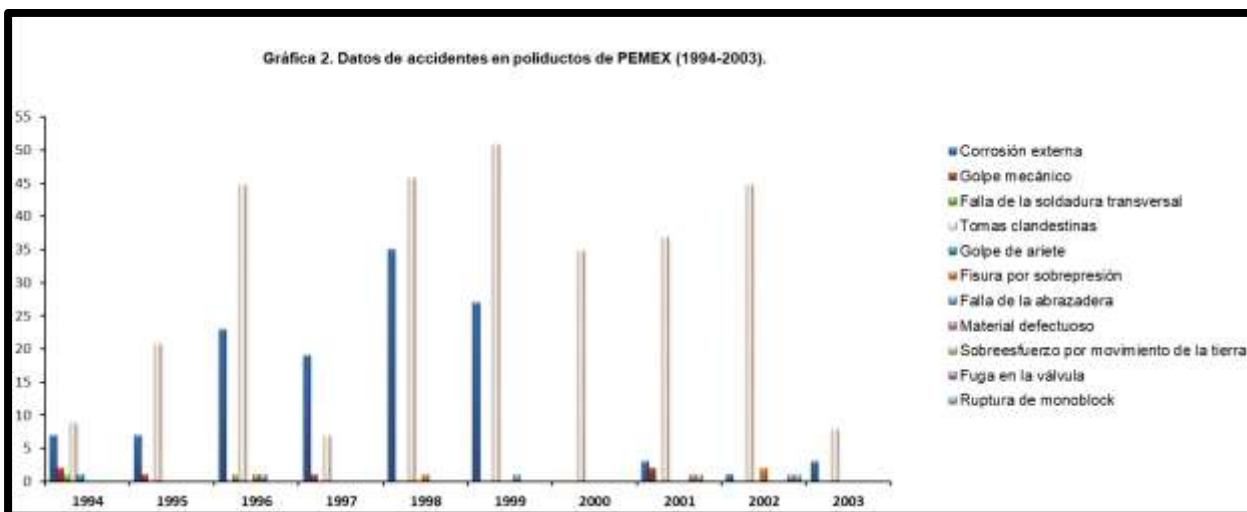


Figura 3 Datos de accidentes en poliductos de PEMEX (1994-2003).

Fuente: Anuario Estadístico de PEMEX, 2005.

Donde los datos estadísticos de causas de falla son similares entre instalaciones de gasoductos y poliductos, resaltando la falla por corrosión externa, así como la intervención de terceras personas (tomas clandestinas).

Como datos históricos, se presenta a continuación la descripción de casos ocurridos en México, relacionados con fugas de gas natural en gasoductos en diferentes partes del país.

1- Explosión en Gasoducto en San Pedro Garza García, Nuevo León.

Una explosión e incendio en una tubería de gas natural en una construcción cercana a la zona comercial y hotelera en el municipio de San Pedro Garza García movilizó a elementos de Protección Civil, Bomberos de Nuevo León y unidades de las cruces Roja y Verde.

El incendio se originó luego de una fuga de agua la que reblandeció la tierra, lo que ocasionó la caída de un poste de energía eléctrica sobre un ducto de gas de 12 pulgadas, lo que ocasionó la conflagración.

El incendio se originó alrededor de las 10:00 horas, a causa del rompimiento de la tubería de gas, lo que ocasionó la explosión e incendio sobre la lateral de la avenida Lázaro Cárdenas y Diego Rivera, en el citado municipio, sin que se presenten personas lesionadas.



Foto 1. Daños generados por la explosión.

2- Reportan explosión de ducto de Gas Natural en Celaya

Al menos 150 personas fueron desalojadas de sus hogares, empleos y escuelas, luego de que se registrara la explosión de un ducto de Gas Natural, en Celaya, Guanajuato.

En un principio se dio a conocer que el estallido provenía de un ducto de Petróleos Mexicanos (Pemex); sin embargo, elementos del cuerpo de bomberos informaron que el siniestro fue generado por propano líquido (gas) y que tardarán entre seis y ocho horas para sofocar el fuego.

Los hechos ocurrieron alrededor de las 10:00 horas en un ducto ubicado sobre el Libramiento Sur, a la altura de la armadora Honda, mientras un grupo de personas manipulaban con maquinaria la zona, golpearon uno de los ductos provocando la explosión

Las llamas alcanzaron a dos de las personas que se encontraban en el lugar, ocasionándoles quemaduras de segundo grado.

A la zona llegaron elementos del cuerpo de emergencia, así como del Ejército mexicano, quienes laboraron para sofocar las llamas, además de ser los encargados de trasladar a los lesionados al hospital más cercano para ser atendidos.

Cerca del lugar de los hechos, se encuentra una primaria en la colonia Villas del Romeral, misma que fue evacuada para evitar accidentes.



Estudio de Riesgo (ER)

“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

Estado de Morelos.

III



Foto 2. Explosión del ducto.



Foto 3. Escuela Primaria evacuada.

Fuente. [El Sol de México.com.mx](http://ElSoldeMexico.com.mx) 01 de Julio del 2019.

3- Obras en Viaducto y Eje 3 provocan fuga de gas.

Por segunda ocasión en menos de un mes trabajadores de obras que se encontraban reencarpetando la cinta asfáltica en la lateral del viaducto Miguel Alemán esquina con el Eje 3 Oriente Eduardo Molina, en la colonia Granjas México en la alcaldía de Iztacalco, perforaron la madrugada del miércoles con un trascabo un ducto de gas natural provocando la movilización de los equipos de emergencia, la policía y personal de Protección Civil.

De acuerdo a los datos recabados por la policía capitalina los hechos se registraron alrededor de la 1 de la mañana casi enfrente del Hospital General regional de Troncoso del Instituto Mexicano del Seguro Social, cuando se hacían perforaciones en el pavimento ocasionando una fisura en un tubo de 4 pulgadas por donde se empezó a escapar el gas.

Bomberos, personal de gas natural y de Protección Civil, trabajaron por varios minutos para controlar la fuga, lo que provocó que los trabajadores de las obras fueran retirados del lugar y la gente que se encontraba en el patio de urgencias fuera ingresada al hospital como medida precautoria y el fuerte olor a gas.

Las maniobras para controlar la fuga provocaron que la policía capitalina acordonada la zona y cerrará los carriles centrales del Viaducto y el Eje 3 Oriente, Eduardo Molina hasta las 3 de la mañana que fue controlada la emergencia.

El fuerte olor a gas que se quedó impregnado dentro del hospital ocasionó que al menos 30 personas que se encontraban en urgencias pidieran sus altas voluntarias y los pacientes graves que llegaban al hospital en ambulancias fueron canalizados a otros nosocomios.

Finalmente, la fuga fue controlada a las 3 de la mañana del miércoles y al no existir un riesgo para la población los carriles centrales de Viaducto fueron abiertos a la circulación quedando solamente los carriles laterales cerrados en dirección al Aeropuerto donde continúan los trabajos de personal de gas natural para reparar el tubo.

Fuente: Excelsior.com.mx 04 de septiembre del 2019



4- Por falta de precaución de empleados de Pemex, explotaron ductos de gas natural en Tamaulipas.

Una tubería de gas natural explotó en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas, causada por la falta de precaución de trabajadores de la empresa Cenegas S.A. de C.V., quienes realizaban perforaciones para la creación de un tren pluvial.

De acuerdo al reporte de las autoridades locales, los hechos se registraron alrededor de las 07:45 horas, en la colonia Unidad Obrera, cuando los empleados golpearon accidentalmente un ducto de 12 pulgadas, provocando una enorme fuga de gas.

Posteriormente, a las 9:20 horas, se inició una flama como consecuencia del acumulamiento de gas. De manera inmediata bomberos, personal de Secretaría de la Defensa Nacional (Sedena), de Petróleos Mexicanos (Pemex), además de autoridades municipales, se movilizaron para sofocar el fuego, mientras que personal de la Secretaría de Seguridad Pública desalojó a más de 80 personas, entre ellas, empleados de un gas estacionario cercano. Además, se suspendió el servicio de luz en las colonias 16 de septiembre y Unidad Obrera para posteriormente acordonar un kilómetro a la redonda, en ambos sentidos del bulevar Luis Donaldo Colosio.

Horas más tarde, a través de un comunicado el mismo municipio se confirmó que el incendio fue sofocado gracias a que todo el personal que participó realizó un anillo y cortó el suministro, notificando que solamente iba a estarse quemando el residuo de gas que había quedado en la tubería afectada.

No se reportaron daños humanos y las personas evacuadas regresaron inmediatamente a sus viviendas. “La situación retorna a la normalidad”, publicó el municipio en redes sociales.

El Centro Nacional de Control de Gas S.A de C.V (CENAGAS), es una empresa propiedad de Pemex, la cual provee de gas natural a maquiladoras de la zona.



Foto 4. Explosión causada por maquinaria.

Fuente: Infobae.com. 29 de diciembre del 2019



5- Explosión en Gasoducto de PEMEX en el estado de Tabasco.

Una explosión se registró el 06 de abril del 2013, en un gasoducto de 16”Ø, a la altura del rancho “Águiles Serdán”, en la localidad La Venta, municipio de Huimanguillo, Tabasco, con saldo de tres heridos, reportaron Pemex y autoridades locales.

La paraestatal, precisó que el incendio se presentó en el gasoducto de 16”Ø Cinco Presidentes, del complejo procesador de gas La Venta, a la altura de la carretera vecinal a Villa La Venta, en el municipio referido.

La explosión, fue ocasionada por el *golpe de una retroexcavadora* de la empresa privada FIRESA.

Como consecuencia de este hecho, resultaron lesionados tres trabajadores de la compañía privada, de los cuales en un principio uno de ellos permanecía desaparecido, pero fue hallado sin mayores consecuencias.

Así mismo, confirmó que una retroexcavadora, una motocicleta y un vehículo resultaron quemados como consecuencia de la explosión.

Por su lado, personal de operación de pozos e instalaciones de Petróleos Mexicanos (PEMEX) procedió a bloquear las válvulas de seccionamiento. La Venta 80 y Margen Derecha del Río Chicozapote, y a suspender el bombeo de las Baterías de Separación Cinco Presidentes 1, 2 y Rodador, indicó la empresa petrolera.

Protección Civil evacuó a personas cercanas al lugar de la explosión para trasladarlas a un lugar seguro. El incendio fue controlado totalmente antes del mediodía.

Por separado, autoridades locales de Huimanguillo informaron que los heridos fueron trasladados por una ambulancia de servicios comunitarios a una clínica de dicho municipio colindante con Veracruz.

El flamazo dañó aproximadamente 80 m² de pastizales y como medida preventiva Pemex acordonó el sitio donde se registró la conflagración, en un operativo en que participaron militares y personal de Seguridad Física de Pemex, Protección Civil y Tránsito Municipal.



**Foto 5. Chorro de fuego a causa de la fuga de gas natural
en el municipio de Huimanguillo, Tabasco.**

Fuente: [La Crónica.com.mx](http://LaCrónica.com.mx). 07 de abril del 2013



6- Explosión en Gasoductos de PEMEX, en el municipio de Pedro Escobedo, Estado de Querétaro.

Seis trabajadores de PEMEX resultaron heridos al ocurrir una explosión mientras trabajaban controlando la fuga de un gasoducto en el municipio de Pedro Escobedo.

La fuga fue detectada a la altura de la comunidad Las Postas, en un ducto de 14"Ø correspondiente al tramo Cactus-Guadalajara, tras un percance ocasionado por una retroexcavadora que operaba en el lugar instalando equipo de riego.

Unos 200 pobladores de la localidad fueron evacuados y concentrados en un albergue habilitado en el auditorio municipal de Pedro Escobedo, además de que fueron cerradas las Válvulas de Seccionamiento (V.S.), que permiten la circulación del gas por ese tramo y personal del sector Ductos de Salamanca y de Petroquímica acudieron a efectuar las reparaciones necesarias, según informó la paraestatal.

Dos días después se reportó la situación bajo control y la gente volvió a sus actividades normales. Sin embargo, más tarde un grupo de trabajadores permanecía efectuando tareas para concluir con la reparación del gasoducto, cuando se produjo el flamazo, aparentemente por un error de los mismos técnicos.

En un comunicado, Pemex confirmó que ya no existe riesgo para la población de la zona según los monitoreos efectuados, pero adjudicó a una falta de seguridad y errores de protocolo el percance ocurrido a los trabajadores.

Fuente: Proceso.com.mx. 28 de marzo del 2013

7- Fuga de gas e incendio en el municipio de Zapotlanejo, Jalisco.

La fuga de gas natural fue ocasionada por el golpe de una retroexcavadora de la empresa Cobra Construcciones, que realizaba trabajos en el área, sin el permiso de Pemex, indicó la paraestatal en un comunicado emitido posterior al evento.

El funcionario precisó que a poco más de 24 horas del incidente, el riesgo comenzó a ceder, ya que la presión de salida de gas bajó de 36 kg/cm² a 10 kg/cm², mientras que el tamaño de la flama pasó de 30 metros de altura a 4 m.

El incidente, ocurrió alrededor de las 18:30 horas, pero el flamazo se dio a las 23:00 horas. Un bombero y un empleado de la compañía Infraestructura Carretera quedaron con heridas leves.

Luego del estallido, las autoridades evacuaron la comunidad de Corralillos y cerraron la autopista México-Morelia, a la altura del kilómetro 461. Los evacuados fueron llevados a la Casa de la Cultura del municipio de Zapotlanejo.

En tanto, Pemex informó que personal especializado atendió el incendio ocasionado por la ruptura del ducto de 14"Ø (35 cm).

Pemex anunció que el abasto de combustible estuvo garantizado en todo momento, ya que solo se suspendió el flujo en el tramo Abasolo-Guadalajara, mientras que continuó en operación otro gasoducto que va de Cactus, Chiapas, a Abasolo, Guanajuato, ya que la única terminal de distribución de Pemex-



Estudio de Riesgo (ER)

“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

Estado de Morelos.

III

Gas afectada fue la de Guadalajara, pero ésta cuenta con suficiente producto almacenado para cumplir con su programa de distribución.



Fotos 6 y 7. Incendio en el municipio de Zapotlanejo, Jalisco, debido a una fuga de gas natural.

Fuente: CNN México. 19 de octubre del 2012

8- Fuga de Gas Natural en Gasoducto ubicado en Ecatepec, Estado de México.

Una fuga de gas natural se registró frente al centro comercial Las Américas el día 05 de septiembre del 2011, por lo que se evacuaron a huéspedes y personal de dicho centro comercial y un hotel ubicado dentro del perímetro de afectación.

De acuerdo con los primeros reportes generados, una de las máquinas que son utilizadas para la construcción de un puente peatonal, ubicado sobre la avenida Central, rompió uno de los ductos que conducen gas natural, propiedad y administrado por la empresa MAXIGAS, así lo indicó el gobierno municipal de Ecatepec, estado de México.

Para evitar riesgos mayores las autoridades cerraron la circulación de la avenida Central frente al centro comercial Las Américas.

Al lugar acudieron de inmediato elementos del cuerpo de bomberos y Protección Civil, así como de la policía estatal y municipal para tratar de reparar la fuga en uno de los ductos de conducción del gas natural.

Fuente: Periódico El Universal, 06 de septiembre del 2011

9- Fuga en Gasoducto propiedad de PEMEX en el municipio de Las Chiapas, Veracruz.

El 21 de octubre del 2011, personal activo de Pemex Exploración y Producción (PEP), controló una fuga de gas natural que se presentó en el gasoducto de 6" Φ que va de la Estación de Compresores El Plan, a la Batería Los Soldados, ubicado en el kilómetro 3 dentro del municipio de Las Chiapas, Veracruz.



Personal de Mantenimiento a Ductos del Sector Operativo El Plan, procedió a bloquear las válvulas, dejando la línea fuera de operación, y realizar la reparación correspondiente, así como la restauración del área afectada.

Asimismo, personal de Seguridad Física acordonó el lugar en coordinación con personal militar de la Base de Operación El Plan, como medida preventiva.

PEMEX Exploración y Producción realizó el análisis de integridad mecánica para determinar la causa del incidente, y declaró que no hubo lesiones en el lugar ni afectaciones por intoxicación.

Fuente: Periódico Excélsior, 22 de octubre del 2011

10- Fuga en Gasoducto propiedad de PEMEX en el municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila.

El día 25 de enero del 2011, personal especializado de Petróleos Mexicanos (PEMEX) controló una fuga de gas natural detectada en el kilómetro 283+007 del gasoducto de 18”Φ Monterrey, N.L. - Chávez, Coahuila ubicado en las inmediaciones del municipio de Francisco I. Madero, en el estado de Coahuila.

Al tenerse conocimiento de los hechos, de inmediato los técnicos de la paraestatal procedieron a sacar de operación el gasoducto para realizar los movimientos operativos e iniciar los trabajos de reparación del ducto. Personal del Sector Torreón de PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB), en coordinación con autoridades de Protección Civil, Bomberos y la Dirección de Seguridad Pública de San Pedro de las Colonias, trabajaron conjuntamente para la atención, control y erradicación del incidente.

Como medida preventiva, se determinó necesaria la evacuación de dos empresas maquiladoras, además de dos instituciones educativas de nivel medio superior y superior.

Fuente: Periódico El Universal, 26 de enero del 2011

11- Fuga en Gasoducto propiedad de PEMEX en Cosamaloapan, Veracruz.

El 24 de agosto del 2011 se generó una fuga de gas natural en los pozos de PEMEX que atraviesan el ejido Fernando López Arias, ubicado a 15 km de la cabecera municipal de Cosamaloapan, Veracruz.

La fuga se originó en la tarde del miércoles 24 de agosto, en una válvula en el Pozo de PEMEX denominado “CEHUALACA”, Protección Civil Municipal recibió el reporte de parte de habitantes que se encontraban muy alarmados, también se informó a Protección Civil del Estado, para que se tomaran las medidas conducentes con dicha paraestatal, ya que el objetivo fundamental de Protección Civil es la salvaguarda de la integridad física de la población, de su patrimonio y el entorno ambiental

Al lugar de la fuga, se presentó el Coordinador regional de protección civil, la unidad Municipal de Protección Civil Cosamaloapan, acudiendo posteriormente personal de PEMEX-PGPB encargado de Producción de Campo Alquimia.



La fuga de gas se controló por la mañana del jueves siguiente, realizando el personal de PEMEX-PGPB los trabajos de cierre de ductos y mantenimiento pertinentes.

Fuente: Periódico Vanguardia

12- Fuga en Gasoducto propiedad de PEMEX en la ciudad de Pachuca, Hidalgo.

El 30 de Noviembre del 2010, Petróleos Mexicanos (PEMEX) puso bajo control una fuga de gas natural que se había registrado en un gasoducto de 6"Φ en el tramo que corre de Ranchería - Minera Autlán en el kilómetro 39, dentro del municipio de Villas de Tezontepec en el estado de Hidalgo.

A través del área de comunicación social de la paraestatal, se informó que la fuga fue ocasionada por un acto vandálico y pudo ser detectada durante los trabajos de control que realiza PGPB.

Explicó que la perforación en el ducto y artefactos se dio durante los trabajos que realizaron personas ajenas a la dependencia para la instalación de una toma clandestina. Como medida de seguridad se suspendió de manera momentánea la operación del ducto afectado.

A fin de evitar algún riesgo a la población, se bloquearon las válvulas de bombeo y se disminuyó la presión del fluido para proceder a su reparación. Se destacó la importancia de mantener la vigilancia en la red nacional de ductos a cargo del personal de seguridad de PEMEX-PGPB.

Fuente: Periódico Vanguardia, 01 de diciembre del 2010

13- Fuga en Gasoducto ubicado en el Distrito Federal.

El día 10 de mayo del 2009, elementos del Cuerpo de Bomberos controlaron una fuga de gas natural que se presentó en el perímetro de la colonia CTM Culhuacán sección V, la cual provocó alerta entre los vecinos del lugar.

Reportes de Secretaría de Seguridad Pública del Distrito Federal (SSPDF) indican que los hechos tuvieron lugar en la zona que se ubica sobre la avenida Santa Ana, casi al cruce con Rosa María Sequeira, en la referida colonia de la delegación Coyoacán.

Fueron vecinos y peatones los que reportaron un olor a gas en la zona, por lo que al sitio se movilizaron bomberos y personal de Protección Civil, quienes ubicaron una fisura en un ducto alimentador de gas natural de 4"Φ.

La zona fue acordonada por la policía capitalina mientras se trabajaba para sellar el ducto de gas fracturado. La circulación vehicular se mantuvo abierta y sólo se restringió el paso en el carril de extrema derecha de Santa Ana, con dirección a la Escuela Naval Militar.

Reportes de la Secretaría de Protección Civil capitalina indicaron que como medida preventiva se desalojó a 65 personas de un edificio habitacional cercano y de un plantel de nivel preescolar.

La fuga fue controlada y no se reportaron intoxicaciones ni personas afectadas.

Fuente: Noticias Terra TV, 11 de mayo del 2009



14- Fuga de Gas Natural en Gasoductos de PEMEX, en el Estado de Veracruz.

Petróleos Mexicanos (PEMEX) informó que a las 2:00 a.m. del día 10 de septiembre del 2007, el sistema SCADA detectó una pérdida de presión inusual en seis puntos de diferentes ductos en el estado de Veracruz ocasionados por actos premeditados, por lo que de inmediato suspendió el suministro de gas natural en dichas líneas. La baja de presión fue ocasionada por explosiones en los siguientes puntos:

1. Válvula de Seccionamiento (V.S.) del gasoducto de cuarenta y ocho pulgadas de diámetro (48”Φ), que coincide con Gas Natural de Cactus - San Fernando, a la altura del municipio La Antigua, sin que se presentara incendio. Sin embargo, por motivos de seguridad, Protección Civil estatal realizó la evacuación de los habitantes que se encontraban cerca del evento,
2. Válvula de Seccionamiento (V.S.), en el mismo gasoducto de 48”Φ, a la altura del Río Actopan, en el cual se registró un incendio,
3. Trampa de diablos del gasoducto de 48”Φ, Cempoala - Santa Ana, a la altura de Delicias, Tlaxcala, en la cual no se presentó incendio,
4. Válvula de Seccionamiento (V.S.), en el gasoducto de 30”Φ, de Minatitlán Veracruz - México D.F. y en el ducto de 24”Φ Cactus, Chiapas – Guadalajara, Jalisco,
5. Válvula de Seccionamiento (V.S.), en el mismo gasoducto de 30” (Minatitlán, Veracruz – México, D.F.), además del ducto de 24” Φ (Cactus – Guadalajara), poliducto de 12”Φ y oleoducto de 24”Φ en el Municipio La Balastrea, donde se presentaron incendios debidos a las fugas,
6. Cruce aéreo Algodonera en el gasoducto de 30”Φ, Minatitlán – México, D.F., poliducto de 12”Φ y Oleoducto de 30”Φ, en los cuales se presentó incendio.

Sin embargo, cabe mencionar que cada una de las situaciones de emergencia fue controlada oportunamente por personal de la paraestatal, además de protección civil estatal y municipal.

Fuente: Frente de Trabajadores de la Energía de México.
FTE México Energía

A continuación, se presenta a manera de resumen los accidentes e incidentes relacionados a las actividades que se pretenden desarrollar en el presente Proyecto:

Tabla 1 Antecedentes de accidentes e incidentes.

Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia (s) involucrada (s)	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención
ND	San Pedro Garza García, Nvo. León	Gasoducto de 12” Ø	Gas Natural	Explosión e incendio	Debido a una fuga de agua que reblandeció la tierra y ocasionó la caída de un poste de energía eléctrica sobre el gasoducto.	ND	ND
2019	Celaya,	Ducto	Gas Natural	Explosión	Golpe por	Personal	Desalojo de



Estudio de Riesgo (ER)
“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

III

Estado de Morelos.

Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia (s) involucrada (s)	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención
	Gto.			e incendio	maquinaria pesada	lesionado	escuela primaria cercana.
2019	Ciudad de México	Ducto de 4"	Gas Natural	Fuga	Golpe al ducto por trabajos de reencarpetado de asfalto.	N/D	Desalojo de trabajadores y la gente que se encontraba en el patio de urgencias fue ingresada al hospital
2019	Reynosa Tamaulipas	Ducto de 12"	Gas Natural	Fuga e incendio	Golpe por maquinaria pesada	Suspensión del servicio de luz	Evacuación de más de 80 personas
2013	Huimanguillo, Tabasco	Gasoducto de 16" Ø	Gas Natural	Explosión e Incendio	Debido a un golpe de una retroexcavadora de la empresa privada FIRESA	80 m ² de vegetación afectada.	Cierre de válvulas de seccionamiento y suspensión del bombeo de las Baterías de Separación.
2013	Pedro Escobedo, Querétaro	Gasoducto de 14" Ø	Gas Natural	Explosión	Debido al golpe por una retroexcavadora que operaba en el lugar instalando equipo de riego.	ND	Cierre de Válvulas de Seccionamiento
2012	Zapotlanejo, Jalisco	Gasoducto de 14" Ø	Gas Natural	Explosión e Incendio	A causa de un golpe por una retroexcavadora de la empresa Cobra Construcciones que realizaba trabajos en el área sin el permiso de Pemex	ND	Suspensión del flujo de gas en el tramo Abasolo-Guadalajara
2011	Ecatepec, Edo. de México.	Gasoducto	Gas Natural	Fuga	Debido a un golpe por una máquina utilizada la construcción de un puente peatonal	N/D	N/D
2011	Las Choapas, Veracruz.	Gasoducto de 6" Ø	Gas Natural	Fuga	N/D	N/D	Cierre de Válvulas de Seccionamiento
2011	San Pedro de las Colonias,	Gasoducto de 18" Ø	Gas Natural	Fuga	N/D	N/D	N/D



Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia (s) involucrada (s)	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención
	Coahuila						
2011	Cosamaloapan, Veracruz.	Gasoducto	Gas Natural	Fuga	N/D	N/D	Cierre de ductos y mantenimiento pertinentes
2010	Pachuca, Hidalgo.	Gasoducto de 6" Ø	Gas Natural	Fuga	Perforación del ducto ocasionado por un acto vandálico	N/D	Bloqueo de válvulas de bombeo y disminución de la presión del fluido
2009	Distrito Federal	Gasoducto de 4" Ø	Gas Natural	Fuga	N/D	N/D	N/D
2007	Veracruz	Válvula de Seccionamiento	Gas Natural	Incendio y Explosión	N/D	N/D	N/D
2000	El Paso, New México, USA	Gasoducto	Gas Natural en estado líquido	Incendio y explosión	Fractura en tubería, originada por sobre presión, debido a una reducción severa de espesor de pared de la tubería	Cráter de 16 m en suelo. Muerte de 12 personas	N/D

III.1.2 Listas de Verificación.

La Lista de Verificación se basa en el desarrollo de una lista de puntos de un estándar o procedimiento para verificar el estado con lo que debe contar un sistema para el funcionamiento y operación segura.

Es sencilla, rápida y fácil de aplicar, no se requiere personal con mucha experiencia.

Para la elaboración de la lista de verificación, se debe delimitar el alcance del estudio, de acuerdo con la etapa correspondiente del proyecto.

Análisis de Riesgos/Peligros en los procesos.
Parte 1 Metodologías. Sergio Garza Ayala.

Por lo anterior, el análisis preliminar de riesgos realizado al presente proyecto, mediante la metodología de lista de verificación, se basó en la **NOM-003-ASEA-2016 “Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos”**. Esta norma es la base del diseño bajo la cual está regido el Proyecto.

La **NOM-003-ASEA-2016** establece requisitos para todas las etapas del ciclo de vida de una instalación, en este caso, el proyecto se encuentra en la etapa de ingeniería de diseño para construcción, por lo que se le aplica el capítulo 5 “Diseño”.



Con los requisitos normativos considerados en el numeral 5. Diseño se evalúa el cumplimiento de las siguientes instalaciones:

1. Gasoductos que conforman el sistema de distribución.
2. Estaciones de Regulación (ERs).

En la siguiente tabla se muestran la distribución de requisitos con los que el sistema cumple y los no aplicables.

Tabla 2 Resultados de la aplicación de la Lista de Verificación.

Sección del Capítulo 5. Diseño	No. de Cumplimientos	No. de Incumplimientos	Numerales No Aplicables
5.1 Tuberías	8	0	5
5.2 Accesorios	5	0	7
5.3 Materiales y Equipos	4	1	0
5.4 Documentación	7	2	0
5.5 Dictamen de Diseño	0	1	0
Totales:	24 (60%)	4 (10%)	12 (30%)

En el **Anexo 5**, se adjunta la **Lista de Verificación**; donde se pueden consultar los resultados obtenidos de la aplicación de la presente metodología preliminar.



III.2 ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS.

Los Análisis de Riesgo involucran principalmente tres grandes temas; la identificación de los riesgos, la probabilidad de ocurrencia de accidentes o eventos y el análisis de consecuencias.

La identificación de los riesgos permite determinar las localizaciones, rutas, características y cantidad de materiales de fuentes potenciales de accidentes por explosión, incendio, fuga o derrame de una sustancia peligrosa. Esto lleva a la formulación de escenarios fundamentales de accidentes, que requieren una mayor consideración y análisis.

El análisis probabilístico permite identificar la verosimilitud de ocurrencia del accidente para examinar y priorizar los escenarios de accidentes potenciales en términos de su probabilidad de ocurrencia.

La evaluación de las consecuencias e impactos asociados con la ocurrencia de los escenarios identificados de accidentes, es el proceso denominado Análisis de Consecuencias. Este paso permite una comprensión de la naturaleza y gravedad de un accidente y permite un análisis y priorización de los escenarios en términos del impacto potencial del daño en la gente y las instalaciones.

La combinación de resultados de la probabilidad del accidente y del análisis de consecuencias da una medida del riesgo con la actividad específica y este proceso es lo que constituye el análisis de riesgos, que permite, priorizar y examinar los escenarios potenciales de accidentes en términos de un riesgo total, que a la vez logre el desarrollo y preparación de un plan de emergencias.

Para la identificación de los riesgos involucrados en el proceso del Proyecto, se analizarán las condiciones de operación de las instalaciones que conforman la instalación, para lo cual, se cuenta con los Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's), Filosofías de Operación (FOP), Descripción Detallada del Proyecto (DDP), así como de la Memoria Técnico – Descriptiva (MTD).

En base al análisis de falla, se identifican aquellos puntos vulnerables donde exista mayor probabilidad de riesgo de que ocurra un evento no deseado, los cuales estarán dados principalmente por tuberías de conducción de combustibles, válvulas, medidores de flujo, uniones e interconexiones, las cuales son sistemas e instrumentos expuestos a fallas por rotura, por desgaste o por simple defecto de fabricación o construcción, además de que el riesgo aumenta si éstos no son conservados debidamente por la efectiva aplicación de un programa de mantenimiento y la supervisión constante de los mismos, sin descartar fallas por el factor humano, vandalismo o fenómenos naturales.

Aunado a lo anterior, se analizan las situaciones donde la presencia de algún evento externo no deseado, como una explosión o un incendio se puedan generar, mismas que afecten directa o indirectamente a las instalaciones internas y externas del mismo, y por ende se desencadene un evento mayor, con mayores repercusiones a la infraestructura de la zona y daños al medio ambiente (efecto dominó).

Garza Ayala, Sergio. (2015) Análisis de Riesgo Peligrosos en los Procesos, Parte 1: Metodologías. (1ª. Ed) Monterrey, NL.: Dinámica Heurística, S. A. de C. V.
Hyatt, Nigel. (2004) Guidelines for Process Hazards Analysis, Hazards Identification and Risk Analysis. (1ª. Ed) DYADEM Press
Storch de Gracia, J. M. (1998) Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Fundamentos, evaluación de riesgo y diseño. Volumen 1. (1ª. Ed) España.: McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U.
Storch de Gracia, J. M. (1998) Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Fundamentos, evaluación de riesgo y diseño. Volumen 2. (1ª. Ed) España.: McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U.



Cabe mencionar, que todas las técnicas de evaluación de riesgos comparten la meta de identificar peligros en el proceso de manera sistemática y proporcionar un análisis preliminar, dando la primera fase del estudio. Las técnicas comúnmente usadas para esta evaluación deben cumplir los requerimientos de análisis de riesgo contemplados en la OSHA (Occupational Safety and Health Administration), EPA (Environmental Protection Agency) y la CMA (Chemical Manufacturers Association), así como en Literatura especializada como Loss Prevention in the Process Industries. Frank P. Less, second edition.

Con el objetivo de evaluar el riesgo en caso de presentarse incidentes en la operación del Proyecto, las técnicas de identificación de riesgos a emplearse estarán en función de la instalación y del tipo y complejidad del proceso, por lo que se determinó la aplicación de la metodología HazOp y What if?, con el fin de emitir recomendaciones tendientes a controlar y prevenir incidentes, mitigar las consecuencias para evitar pérdidas humanas, daños a la salud, a las instalaciones/producción y al medio ambiente.

III.2.1 Consideraciones para el Análisis Cualitativo de Riesgos.

Las técnicas de identificación de riesgos empleadas están en función de la instalación y del tipo de proceso, por lo que el Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgos (GMAR) determinó la aplicación de la metodología HazOp para la evaluación de riesgos en la City Gate, ER y ERM y aplicar un Análisis ¿Qué pasa si...? (What if) para los gasoductos que conforman el sistema de distribución de gas natural.

La jerarquización de riesgos se desarrolló mediante la aplicación combinada de estas técnicas con las matrices propuestas en la Guía para la elaboración de los Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH) de la ASEA.

A) Información empleada en el Análisis Cualitativo de Riesgos.

Para la elaboración ARSH se empleó principalmente, la siguiente información en su etapa de Ingeniería Conceptual derivada del diseño inicial del proyecto:

- Memoria de Cálculo de la ER.
- Memoria de Cálculo de los gasoductos que conforman el proyecto.
- Filosofía de Operación de la ER.
- Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs) de la ER.



III.2.2 Análisis de Riesgo y Operabilidad (HAZOP)

El método HAZOP (**HAZ**ard and **OP**erability “Riesgo y Operabilidad”) o análisis de Riesgo y de Operabilidad se concentra en una metodología mediante un enfoque sistemático para identificar tanto riesgos como problemas de operabilidad. Aunque la identificación de riesgos es el tema principal, los problemas de operabilidad se examinan, ya que tienen el potencial de producir riesgos en los procesos, que resulten en violaciones ambientales y/o laborales o tener un impacto negativo en la productividad.

El análisis de operación y riesgo HAZOP, es el método más amplio y reconocido para realizar un análisis de riesgo en procesos industriales. Es un estudio que identifica cada desviación posible de un diseño, de una operación o de una afectación cualquiera, además de todas las posibles causas y consecuencias que pueden ocurrir en las condiciones más adversas para el proceso, siendo así, éste sirve para identificar problemas de seguridad y mejorar la operabilidad de una instalación industrial.

Un HAZOP es realizado por un equipo multidisciplinario que incluye típicamente lo siguiente:

- ✓ Líder – el individuo al que se le da la responsabilidad de la terminación del HAZOP
- ✓ Facilitador - debe ser un facilitador de HAZOP entrenado para este fin y aprobado por el ingeniero de seguridad del sitio
- ✓ Producción (normalmente ingeniero de operaciones)
- ✓ Mantenimiento (normalmente el ingeniero de la planta)
- ✓ Ingeniero de Sistemas de Control
- ✓ Operaciones (un operador o un técnico)

La selección de los participantes mencionados es flexible, y depende del contenido del material a revisar, por ejemplo, si no hay sistemas de control, el técnico de control de proceso no se requiere. Otros recursos tales como un químico, un ingeniero de seguridad del sitio, un mecánico, o algún otro especialista pueden ser utilizados para todo el estudio o para solo parte de este.

El HAZOP fue realizado bajo el siguiente procedimiento:

1. Selección de nodos.

El proceso se analiza seccionándolo en partes discretas o nodos. Un nodo es generalmente una línea o un recipiente o un procedimiento. Los nodos deben ser bastante pequeños para ser manejables, y a la vez lo bastante grandes para reducir la duplicación y hacer buen uso del tiempo.

2. Registre la intención, los parámetros de diseño y las condiciones de proceso. Es decir, parámetros de diseño del equipo, condiciones de operación normales y máximas. Esto incluye típicamente la temperatura, la presión, la composición, el nivel, el flujo, etc.
3. Repase con el equipo la matriz de desviación preparada previamente para este nodo y agregue otras desviaciones si es necesario.
4. Identificar las causas o las razones por las que las desviaciones pueden ocurrir. Las causas deben ser locales en el origen, es decir, originan en el nodo bajo evaluación. Con el nodo de la alimentación o de la fuente, considere causas en aguas arriba. Donde no haya causas identificadas escribir "ninguna causa".



El estudio del HAZOP sólo considera eventos causales únicos (errores o fallas). Escenarios que requieran de analizar dos fallas separadas, dos errores de operador o una falla más un error son considerados “doble falla” y no son considerados normalmente durante un estudio de HAZOP.

Los drenes y válvulas que están normalmente cerradas, y con tapones o bridas ciegas, no son considerados fuentes de fugas. Similarmente, medidores reemplazables localizados en las tuberías con válvulas de raíz no son consideradas fuentes de fuga, si el procedimiento estándar requiere verificar que la válvula esté cerrada y el sistema al cual está conectado ya sea que este despresurizado o bien que no surja ningún riesgo debido a una fuga, o la apertura de dos válvulas en serie simultáneamente no es considerada una causa creíble para la fuga o mezcla de fluidos, etc.

La Causa deberá estar en el Nodo en cuestión.

5. Identifique las consecuencias o los resultados de las desviaciones asumiendo que los controles básicos de proceso fallan y las salvaguardas no existen. Considere las consecuencias fuera del nodo así como en el interior. Si no hay consecuencias de que preocuparse, escribir "ninguna consecuencia de preocupación".
6. Identifique la severidad de las consecuencias identificadas asumiendo que los sistemas básicos de control y los sistemas de protección fallan.
7. Identifique las capas adicionales de protección requeridas para reducir el riesgo a un nivel aceptable. Si el riesgo del peligro no se ha reducido a un nivel aceptable, la eficacia de las capas propuestas debe ser mejorada o capas adicionales deben ser agregadas según sea necesario.
8. Asigne una categoría a la consecuencia identificada.
9. Asigne una categoría a la probabilidad de ocurrencia de la consecuencia analizada, considerando esta vez los sistemas de control y/o capas de protección válidas, así como cualquier otro modificador de frecuencia que aplique.
10. Identifique las recomendaciones y asigne las responsabilidades. Donde esté clara una solución específica, deberá ser registrada como tal. Los equipos a menudo se detienen a intentar conseguir una recomendación. Es absolutamente apropiado que la recomendación sea investigar las medidas de protección apropiadas. Es también bueno redactar las recomendaciones que permitan una cierta flexibilidad, por ejemplo, diciendo: considerar tales y tal opción. La recomendación se debe escribir con bastante detalle para poder entender el intento sin el resto de la hoja de trabajo delante del lector.

Para la realización del análisis HAZOP se emplearon los siguientes Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs):



Tabla 3 Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs) utilizados.

ID del Plano	Título (DTI)
GNN-Mor-Cua-ER-CuR-DTI_20-071120_DTI-Arreglo Mecanico DTI	Estación de Regulación (ER)

Para mayor detalle, **Ver Anexo 7.** DTIs de Proceso.

A. Nodos Seleccionados para el Desarrollo HAZOP.

La delimitación de los nodos de estudio se definió en común acuerdo con los integrantes del GMAR; se decidió dividir el sistema en 5 nodos mismos que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 4 Nodos Seleccionados.

Nodo	Descripción	DTI
1	Estación de Regulación (ER)	GNN-Mor-Cua-ER-CuR-DTI_20-071120_DTI-Arreglo Mecanico DTI

En el **Anexo 8**, se incluye el Reporte del HAZOP.

Para establecer las Matrices de Riesgo (Risk Ranking) con la cual se calificaron y jerarquizaron las desviaciones identificadas en las Hojas de Trabajo del HAZOP, se asignaron niveles de CONSECUENCIAS de acuerdo a lo que indica la **Tabla 5**, así como la FRECUENCIA de falla de acuerdo a lo que establece la **Tabla 6**, con lo cual, mediante lo establecido en la **Tabla 7**, se determina el Nivel de Riesgo del nodo analizado.

Tabla 5 Consecuencias (en forma descriptiva).

Categoría de consecuencia (Impacto)	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Perdida o Diferimiento de Producción (USD)	Daños ala Instalación (USD)
6 (Catastrófico)	Lesiones o daños físicos que puedan generar más de 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que puedan generar más de 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones mayores a 1 semana.	>500´000,000	<500´000,000
5 (Mayor)	Lesiones o daños físicos que puedan generar de 2 a 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que puedan generar de 6 a 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de 1 día a 1 semana.	>50´000,000 a 500´000,000	>50´000,000 a 500´000,000
4 (Grave)	Lesiones o daños físicos con atención	Lesiones o daños físicos mayores que generan de una a 5	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la	>5´000,000 a 50´000,000	>5´000,000 a 50´000,000



Estudio de Riesgo (ER)
“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

III

Estado de Morelos.

Categoría de consecuencia (Impacto)	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Perdida o Diferimiento de Producción (USD)	Daños ala Instalación (USD)
	medica que puedan generar incapacidad permanente o una fatalidad.	fatalidades. Evento que requiere de hospitalización.	instalación. El control implica acciones en hasta 24 horas.		
3 (Moderado)	Lesiones o daños físicos que requieren atención medica que pueda generar una incapacidad.	Ruidos, olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía se requieren acciones de evacuación y existe la posibilidad de lesiones o daños físicos.	Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que lleven hasta 1 hora.	>500,000 a 5'000,000	>500,000 a 5'000,000
2 (Menor)	Lesiones o daños físicos que requieren primeros auxilios y/o atención médica.	Ruidos, olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía con posibilidades de evacuación.	Fugas y/o derrames solamente perceptibles al interior de la instalación. El control es inmediato.	>50,000 a 500,000	>50,000 a 500,000
1 (Despreciable)	No se esperan lesiones o daños físicos.	No se esperan impactos, lesiones o daños físicos.	No se esperan fugas, derrames y/o emisiones por arriba de los límites establecidos.	<50,000	<50,000

Tabla 6 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.

Clasificación	Categoría	Descripción de la frecuencia de ocurrencia	Frecuencia/Año
F6	Muy Frecuente	Puede ocurrir más de una vez en un Año.	≥ 1.0 ($\geq 1 \times 10^0$)
F5	Frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un Periodo mayor a 1 año y hasta 5 años.	≥ 0.2 a < 1.0 ($\geq 2 \times 10^{-1}$ a $< 1 \times 10^0$)
F4	Poco Frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un Periodo mayor a 5 años y hasta 10 años.	≥ 0.1 a < 0.2 ($\geq 1 \times 10^{-1}$ a $< 2 \times 10^{-1}$)
F3	Raro	Puede ocurrir una o más veces en un Periodo mayor a 10 años.	≥ 0.01 a < 0.1 ($\geq 1 \times 10^{-2}$ a $< 1 \times 10^{-1}$)
F2	Muy Raro	Puede ocurrir solamente una vez en la Vida útil de la instalación.	≥ 0.001 a < 0.01 ($\geq 1 \times 10^{-3}$ a $< 1 \times 10^{-2}$)
F1	Extremadamente Raro	Es posible que ocurra, pero que a la Fecha no existe ningún registro.	≥ 0.0001 a < 0.001 ($\geq 1 \times 10^{-4}$ a $< 1 \times 10^{-3}$)



Tabla 7 Matriz de riesgos.

FRECUENCIAS	CONSECUENCIAS					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6	B	B	A	A	A	A
F5	C	B	B	A	A	A
F4	C	C	B	B	A	A
F3	C	C	C	B	B	A
F2	C	C	C	C	B	A
F1	C	C	C	C	C	B

A continuación, se describe el significado de cada nivel de Riesgo:

Tabla 8 Definiciones de las diferentes regiones de riesgo

Región de Riesgo	Descripción
No Tolerable “A”	El riesgo requiere acción inmediata; el costo no debe ser una limitación y el no hacer nada no es una opción aceptable. Un riesgo Muy Alto representa una situación de emergencia y deben establecerse controles temporales inmediatos. La mitigación debe hacerse por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a Medio o de preferencia a Bajo, en un lapso de tiempo menor a 90 días
ALARP¹ “B”	El riesgo debe ser reducido y hay margen para investigar y analizar a más detalle. No obstante, la acción correctiva debe darse en los próximos 90 días. Si la solución se demora más tiempo, deben establecerse controles temporales inmediatos en sitio, para reducir el riesgo
Tolerable “C”	El riesgo es significativo, pero se pueden compensar con las acciones correctivas en el paro de instalaciones programado, para no presionar programas de trabajo y costos. La mitigación debe enfocarse en la disciplina operativa y en la confiabilidad de los sistemas de protección

Los riesgos no tolerables se deberán considerar para establecer los objetivos de seguridad y salud ocupacional y los requisitos de las instalaciones, maquinaria, necesidades de capacitación y los controles operacionales para el control de riesgos, así como considerar las acciones requeridas de supervisión para asegurar la efectividad y oportunidad.

¹ As Low As Reasonably Practicable, por sus siglas en inglés



III.2.3 Análisis Qué Pasa sí...??

A. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.

Aunado a lo anterior, para el presente estudio se realizará una identificación de riesgos, utilizando el método What if (¿Qué pasa si...?), el cual tiene el propósito de identificar peligros, situaciones peligrosas o eventos accidentales específicos que pueden producir una consecuencia indeseable.

El análisis ¿Qué pasa si...? es una investigación creativa a manera de lluvia de ideas de un proceso u operación, conducida por un grupo de individuos experimentados, con capacidad para preguntar o enunciar dudas concernientes a eventos no deseables. No es inherentemente tan estructurado como otros métodos, tales como el estudio de peligro y operatividad (HAZOP) o el análisis de modos de falla y efectos (FMEA).

La metodología de análisis ¿Qué pasa si...? tiene el enfoque de una lluvia de ideas en la cual el grupo interdisciplinario familiarizado con el proceso formula preguntas o manifiesta preocupaciones acerca de posibles eventos indeseados. De cualquier forma, es frecuentemente utilizado por la industria en sus etapas tempranas o durante la vida de un proceso y tiene buena reputación entre aquellos especialistas que lo apliquen.

Generalmente, se registran todas las preguntas y luego éstas se dividen dentro de áreas específicas de investigación (generalmente relacionadas con las consecuencias de interés), como la seguridad eléctrica, protección contra incendios o seguridad del personal. Cada área es subsecuentemente direccionada a un equipo de una o más personas expertas. Las preguntas se formulan en base a la experiencia y aplicando los diagramas y descripciones de procesos existentes.

Para una planta en operación, la investigación incluye entrevistas con el personal de la planta no representado en el grupo multidisciplinario de análisis y evaluación de riesgos. Puede no haber un patrón específico u orden para las preguntas, a menos que el líder suministre un patrón lógico como una división del proceso dentro de sistemas funcionales.

Las preguntas pueden direccionarse a cualquier condición no normal relacionada con la planta, no solamente componentes de falla o variaciones de proceso.

B. DESARROLLO DEL WHAT IF...?

A través de la metodología de identificación de riesgos ¿Qué pasa si...? se analizaron los gasoductos que conforman el sistema para distribución de gas natural.

El análisis se realiza considerando que las desviaciones se puedan presentar en cualquiera de los tramos del gasoducto. El equipo evaluador, analizó y concluyó que las variaciones de las condiciones del terreno no ejercían influencia significativamente en los resultados del ¿Qué pasa si...?.

En la siguiente tabla se muestran los sistemas seleccionados para la evaluación e identificación de riesgos.



Tabla 9 Sistema Seleccionado

Sistema	Descripción	Dibujo de Referencia
1	Gasoductos que conforman el Sistema para Distribución de Gas Natural	GNN-Mor-Cua-ER-CuR-DTI_20-071120_DTI-Arreglo Mecanico DTI

Las hojas de trabajo del análisis ¿Qué pasa si...? se presentan en el **Anexo 9. What If.**



III.2.4 Jerarquización de Riesgos.

La jerarquización de riesgos se realiza conforme a los criterios establecidos en la Guía para la elaboración del Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (ARSH), conforme a la designación de las categorías de Frecuencia (probabilidad) y Consecuencias (severidad) de los escenarios de Riesgo identificados en el Análisis HAZOP y What If.

Cabe mencionar que, para la asignación de los niveles de consecuencia, se consideró la no existencia de salvaguardas, protecciones o barreras; para el caso de la asignación de la frecuencia, si se tomaron en cuenta todas las salvaguardas y protecciones consideradas en el Proyecto conforme a la Ingeniería de Detalle aprobada para Construcción.

A continuación, se indican las categorías de frecuencia y consecuencia, empleadas para la determinación de los Niveles de Riesgo de cada desviación establecida en los Nodos estudiados.

Tabla 10 Tabla de Consecuencias.

Clasificación de Consecuencia	Receptores de Riesgo			
	Personas	Población	Medio Ambiente	Producción y/o instalación (Pérdidas en USD)
C6 (Catastrófico)	Lesiones o daños físicos que puedan generar más de 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que puedan generar más de 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones mayores a 1 semana.	>500'000,000
C5 (Mayor)	Lesiones o daños físicos que puedan generar de 2 a 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que puedan generar de 6 a 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de 1 día a 1 semana.	>50'000,000 a 500'000,000
C4 (Grave)	Lesiones o daños físicos con atención medica que puedan generar incapacidad permanente o una fatalidad.	Lesiones o daños físicos mayores que generan de una a 5 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones en hasta 24 horas.	>5'000,000 a 50'000,000
C3 (Moderado)	Lesiones o daños físicos que requieren atención medica que pueda generar una incapacidad.	Ruidos, olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía se requieren acciones de evacuación y existe la posibilidad de	Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que lleven hasta 1 hora.	>500,000 a 5'000,000



Clasificación de Consecuencia	Receptores de Riesgo			
	Personas	Población	Medio Ambiente	Producción y/o instalación (Pérdidas en USD)
		lesiones o daños físicos.		
C2 (Menor)	Lesiones o daños físicos que requieren primeros auxilios y/o atención médica.	Ruidos, olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía con posibilidades de evacuación.	Fugas y/o derrames solamente perceptibles al interior de la instalación. El control es inmediato.	>50,000 a 500,000
C1 (Despreciable)	No se esperan lesiones o daños físicos.	No se esperan impactos, lesiones o daños físicos.	No se esperan fugas, derrames y/o emisiones por arriba de los límites establecidos.	<50,000

Tabla 11 Tabla de Frecuencias.

Clasificación	Categoría	Descripción	Frecuencia/Año
F6	Muy Frecuente	Puede ocurrir más de una vez en un Año.	≥ 1.0 ($\geq 1 \times 10^0$)
F5	Frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un Periodo mayor a 1 año y hasta 5 años.	≥ 0.2 a < 1.0 ($\geq 2 \times 10^{-1}$ a $< 1 \times 10^0$)
F4	Poco Frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un Periodo mayor a 5 años y hasta 10 años.	≥ 0.1 a < 0.2 ($\geq 1 \times 10^{-1}$ a $< 2 \times 10^{-1}$)
F3	Raro	Puede ocurrir una o más veces en un Periodo mayor a 10 años.	≥ 0.01 a < 0.1 ($\geq 1 \times 10^{-2}$ a $< 1 \times 10^{-1}$)
F2	Muy Raro	Puede ocurrir solamente una vez en la Vida útil de la instalación.	≥ 0.001 a < 0.01 ($\geq 1 \times 10^{-3}$ a $< 1 \times 10^{-2}$)
F1	Extremadamente Raro	Es posible que ocurra, pero que a la Fecha no existe ningún registro.	≥ 0.0001 a < 0.001 ($\geq 1 \times 10^{-4}$ a $< 1 \times 10^{-3}$)



III.2.4.1 Matrices de Riesgo resultantes del HAZOP.

De acuerdo a lo establecido en la Guía para la elaboración d ellos Análisis de Riesgos del sector Hidrocarburos (ARSH) publicada por la ASEA, los receptores de riesgo a considerar en el presente estudio son el Medio ambiente y Población.

Tabla 12 Matriz de Jerarquización de Riesgos al Medio Ambiente (MA).

	CONSECUENCIAS					
FRECUENCIAS	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6						
F5						
F4						
F3						
F2			1.12.2		1.1.4 1.12.1 1.12.3	
F1						

Tabla 13 Matriz de Jerarquización de Riesgos a las Instalaciones/Producción (Pr).

	CONSECUENCIAS					
FRECUENCIAS	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6						
F5						
F4						
F3			1.1.1 1.1.2 1.1.3 1.6.1 1.6.2 1.7.1			
F2		1.12.1 1.12.2 1.12.3	1.11.1	1.1.4		
F1						



Tabla 14 Matriz de Jerarquización de Riesgos a la Población (Po).

	CONSECUENCIAS					
FRECUENCIAS	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6						
F5						
F4						
F3						
F2		1.12.1 1.12.2 1.12.3		1.1.4		
F1						

Tabla 15 Matriz de Jerarquización de Riesgos al Personal (Pe).

	CONSECUENCIAS					
FRECUENCIAS	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6						
F5						
F4						
F3						
F2	1.1.4	1.12.1 1.12.2 1.12.3				
F1						



De los 23 escenarios evaluados mediante HAZOP, se tienen los siguientes resultados:

- 4 escenarios (17.4%) generan Consecuencias para el Receptor de Riesgo Medio Ambiente (MA),
- 11 escenarios (47.8%) generan Consecuencias para el Receptor de Riesgo Producción/Instalaciones (Pr),
- 4 escenarios (17.4%) generan Consecuencias para el para el Receptor de Riesgo Población (Po),
- 4 escenarios (17.4%) generan Consecuencias para el para el Receptor de Riesgo Personal (Pe).

De la totalidad de escenarios evaluados, 3 (15%) recaen en la Zona de ALARP “B”, mientras que el resto equivalente a 20 (85%) recaen en la Zona de Riesgo Tolerable “C” y ningún escenario en la Zona de Riesgo No Tolerable.

III.2.4.2 Matrices de Riesgo resultantes del What If.

Tabla 16 Matriz de Jerarquización de Riesgos al Medio Ambiente (MA).

	CONSECUENCIAS					
FRECUENCIAS	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6						
F5						
F4						
F3						
F2	1.2.1		2.1.1 2.2.1 3.1.1 4.2.1	1.3.1 3.1.2 4.1.1	1.1.1 1.2.2 1.4.1	
F1						



Tabla 17 Matriz de Jerarquización de Riesgos a la Población (Po).

	CONSECUENCIAS					
FRECUENCIAS	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6						
F5						
F4						
F3						
F2	1.2.1			1.1.1		
	2.1.1			1.2.2		
	2.2.1			1.3.1		
	3.1.1			1.4.1		
	3.1.2			4.1.1		
F1						

De los 22 escenarios de riesgo evaluados mediante What If, 19 (86.3%) recaen en la Zona de Riesgos Tolerables, 3 (13.7%) en la Zona de ALARP y ningún escenario en la zona de Riesgos No Tolerables.

III.2.5 Escenarios de Riesgo Identificados.

A continuación, se indica la relación de los escenarios de riesgo que fueron identificados en el Análisis HAZOP y What If, conforme a lo establecido en la Guía para la elaboración de los ARSH.

Cabe mencionar que, para una jerarquización más objetiva, se tomó la decisión de incluir un parámetro adicional, siendo este la Magnitud de Riesgo, empleando la formula simplificada del método William Fine, que se representa de la siguiente manera:

$$MR = F \times C \rightarrow MR = F(C_{MA} + C_{Po})$$

Donde:

- MR= Magnitud de Riesgo
- F= Frecuencia
- C= Consecuencias
- C_{MA}= Consecuencias al medio ambiente
- C_{Po}= Consecuencias a la población



Tabla 18 Escenarios de Riesgo Identificados en el HAZOP por receptor de riesgo.

Nodo	Descripción del escenario	Frec	Consecuencias				Región de Riesgo				MR	Instalación	Sustancia Involucrada
			MA	Pr	Po	Pe	MA	Pr	Po	Pe			
1	1.1.1 Apertura del By Pass de la ER.	3	0	3	0	0	N/A	C	N/A	N/A	9	ER TIPO 1	Gas Natural
1	1.1.2 Sin alimentación de GN por gasoducto troncal	3	0	3	0	0	N/A	C	N/A	N/A	9	ER TIPO 1	Gas Natural
1	1.1.3 Cierre en falso de la Válvula a la entrada de la ER	3	0	3	0	0	N/A	C	N/A	N/A	9	ER TIPO 1	Gas Natural
1	1.1.4 Rotura de la tubería de entrada a la ER	2	5	4	4	1	B	C	C	C	28	ER TIPO 1	Gas Natural
1	1.6.1 Cierre en falso de la válvula de bola (VB) a la salida de la ER.	3	0	3	0	0	N/A	C	N/A	N/A	9	ER TIPO 1	Gas Natural
1	1.6.2 Más presión proveniente del gasoducto troncal	3	0	3	0	0	N/A	C	N/A	N/A	9	ER TIPO 1	Gas Natural
1	1.7.1 Taponamiento del Filtro Coalescente	3	0	3	0	0	N/A	C	N/A	N/A	9	ER TIPO 1	Gas Natural
1	1.11.1 Presencia de corrosión en las uniones de los dispositivos de medición y/o control o en el cuerpo de la tubería	2	0	3	0	0	N/A	C	N/A	N/A	6	ER TIPO 1	Gas Natural
1	1.12.1 Golpe externo	2	5	2	2	2	B	C	C	C	22	ER TIPO 1	Gas Natural
1	1.12.2 Fuga de gas natural en uniones bridadas	2	3	2	2	2	C	C	C	C	18	ER TIPO 1	Gas Natural
1	1.12.3 Materiales fuera de especificación	2	5	2	2	2	B	C	C	C	22	ER TIPO 1	Gas Natural



Estudio de Riesgo (ER)
“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

III

Estado de Morelos.

Tabla 19 Escenarios de Riesgo Identificados en el What If, por receptor de riesgo.

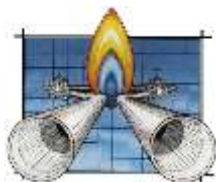
Sist	Descripción del escenario	Frec					MR	Sustancia Involucrada
			MA	Po	MA	Po		
1	1.1.- Golpe o daño mecánico por terceros, derivado de actividades de mantenimiento / excavación.	2	5	4	B	C	36	Gas Natural
1	1.2.- Toma clandestina	2	5	4	B	C	36	Gas Natural
2	1.1.- Golpe o daño mecánico por terceros, derivado de actividades de mantenimiento / excavación.	2	5	4	B	C	36	Gas Natural
2	1.2.- Toma clandestina	2	5	4	B	C	36	Gas Natural
1	1.4. Causas naturales (sismicidad o deslizamiento de tierras)	2	5	2	C	C	34	Gas Natural
2	1.4. Causas naturales (sismicidad o deslizamiento de tierras)	2	5	2	C	C	34	Gas Natural
1	4.2.- Golpes o daños mecánicos por terceros	2	3	4	C	C	30	Gas Natural
2	4.2.- Golpes o daños mecánicos por terceros	2	3	4	C	C	30	Gas Natural
1	1.3. Falla de soldadura o material defectuoso (fuera de especificaciones)	2	4	4	C	C	28	Gas Natural
1	4.1.- Causas naturales (sismicidad o deslizamiento de tierras) de tierras)	2	4	4	C	C	28	Gas Natural
2	1.3. Falla de soldadura o material defectuoso (fuera de especificaciones)	2	4	4	C	C	28	Gas Natural
2	4.1.- Causas naturales (sismicidad o deslizamiento de tierras) de tierras)	2	4	4	C	C	28	Gas Natural
1	3.1.- Problemas de operación aguas arriba	2	4	1	C	C	20	Gas Natural
2	3.1.- Problemas de operación aguas arriba	2	4	1	C	C	20	Gas Natural
1	2.1.- Ambiente corrosivo	2	3	1	C	C	18	Gas Natural
1	2.2.- Deficiente aplicación del recubrimiento anticorrosivo	2	3	1	C	C	18	Gas Natural
1	3.1.- Problemas de operación aguas arriba	2	3	1	C	C	18	Gas Natural



Estudio de Riesgo (ER)
**“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la
 Zona Geográfica: Morelos”**
 Estado de Morelos.

III

Sist	Descripción del escenario	Frec					MR	Sustancia Involucrada
			MA	Po	MA	Po		
2	2.1.- Ambiente corrosivo	2	3	1	C	C	18	Gas Natural
2	2.2.- Deficiente aplicación del recubrimiento anticorrosivo	2	3	1	C	C	18	Gas Natural
2	3.1.- Problemas de operación aguas arriba	2	3	1	C	C	18	Gas Natural
1	1.2.- Toma clandestina	2	1	1	C	C	16	Gas Natural
2	1.2.- Toma clandestina	2	1	1	C	C	16	Gas Natural



Índice

IV. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS.	2
IV.1 CONSIDERACIONES PARA EL ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS.	2
IV.2 ANÁLISIS DETALLADO DE FRECUENCIAS.	3
IV.2.1 Árbol de Fallos.	3
IV.3 ANÁLISIS DETALLADO DE CONSECUENCIAS.	4
IV.3.1 Relación de Escenarios y Consideraciones de Simulación.	5
IV.3.2 Representación de los resultados de la simulación de consecuencia.	13
IV.4 ANÁLISIS DE RIESGO.	13
IV.4.1 Análisis de Vulnerabilidad.	13
IV.4.2 Reposicionamiento de Escenarios de Riesgo.	58

Índice de Tablas

Tabla 1 Relación de Escenarios de simulación.	6
Tabla 2 Parámetros a utilizar para la determinación de las zonas de riesgo.	8
Tabla 3 Resultados de los escenarios simulados.	8
Tabla 4 Efectos generados por radiación térmica.	11
Tabla 5 Efectos generados por ondas de sobrepresión.	12
Tabla 6 Interacciones de Riesgo.	14
Tabla 7 Interacciones de Riesgos y Descripción de los Posibles Receptores de Riesgo.	18
Tabla 8 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc1).	24
Tabla 9 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc2).	26
Tabla 10 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc3).	28
Tabla 11 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc4).	30
Tabla 12 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc5).	32
Tabla 13 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc6).	34
Tabla 14 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc7).	36
Tabla 15 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc8).	38
Tabla 16 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc9).	40
Tabla 17 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc10).	42
Tabla 18 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc11).	44
Tabla 19 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc12).	46
Tabla 20 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc13).	48
Tabla 21 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc14).	50
Tabla 22 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc15).	52
Tabla 23 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc16).	54
Tabla 24 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc17).	56



IV. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS.

IV.1 CONSIDERACIONES PARA EL ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS.

De los 23 escenarios evaluados mediante HAZOP, se tienen los siguientes resultados:

- 4 escenarios (17.4%) generan Consecuencias para el Receptor de Riesgo Medio Ambiente (MA),
- 11 escenarios (47.8%) generan Consecuencias para el Receptor de Riesgo Producción/Instalaciones (Pr),
- 4 escenarios (17.4%) generan Consecuencias para el para el Receptor de Riesgo Población (Po),
- 4 escenarios (17.4%) generan Consecuencias para el para el Receptor de Riesgo Personal (Pe).

De la totalidad de escenarios evaluados, 3 (15%) recaen en la Zona de ALARP "B", mientras que el resto equivalente a 20 (85%) recaen en la Zona de Riesgo Tolerable "C" y ningún escenario en la Zona de Riesgo No Tolerable.

Como resultado de la realización del análisis de riesgo mediante What If, se tiene los siguiente:

- Receptor de Riesgo Medio Ambiente (MA): 22 escenarios (25%) identificados,
- Receptor de Riesgo Población (Po): 22 escenarios (25%) identificados.

De los 22 escenarios de riesgo evaluados mediante What If, 19 (86.3%) recaen en la Zona de Riesgos Tolerables, 3 (13.7%) en la Zona de ALARP y ningún escenario en la zona de Riesgos No Tolerables.

Debido a que ningún escenario se localiza en la región de Riesgo No Tolerable, no se requiere el Análisis Detallado de Frecuencias, de acuerdo a lo indicado en la Guía para la elaboración del ARSH; por lo que se procedió a realizar únicamente el apartado de Análisis de Consecuencias,



IV.2 ANÁLISIS DETALLADO DE FRECUENCIAS.

No se desarrolla conforme a lo descrito en el apartado anterior.

IV.2.1 Árbol de Fallos.

No se desarrolla conforme a lo descrito en el apartado anterior.



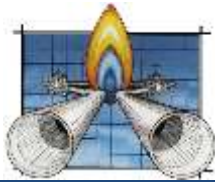
IV.3 ANÁLISIS DETALLADO DE CONSECUENCIAS.

Una vez desarrollado el Análisis Cualitativo de Riesgo donde se determinaron los escenarios de riesgo resultantes del HAZOP y What if, se realizó el análisis de consecuencias, conforme a lo especificado en el apartado 5.4.2.2 de la Guía para elaboración de análisis de riesgo del sector hidrocarburos de la ASEA.

De acuerdo a los resultados del análisis HAZOP y What if, no existe ningún escenario que se localice en la zona de riesgo “No Tolerable”; los escenarios identificados en la Zona de ALARP fueron los seleccionados para el Análisis de Consecuencias, en donde, con base a la experiencia del Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgos, se determinó descartar los escenarios donde su frecuencia de ocurrencia era menor a 3; por lo que dentro del presente análisis se presentan los escenarios de la zona de ALARP con frecuencia de 3 o mayor, simulando para tal fin el Caso Más Probable (CMP), Peor Caso (PC) y Caso Alterno (CA), considerando además la experiencia técnica del equipo evaluador.

Una vez obtenido el listado de los escenarios de riesgo para la elaboración del análisis de consecuencias, estos fueron complementados de acuerdo con lo especificado en el apartado 5.4.2.2 de la Guía de la ASEA, por lo que a continuación, se mencionan las consideraciones generales para la simulación de los escenarios de riesgo:

- Se seleccionó la estabilidad F, considerando una temperatura promedio anual de 21°C y una humedad relativa de 40%, la cual es el promedio anual.
- Las condiciones ambientales son las más adversas para la dispersión del producto: velocidad del viento de 1.5 m/s y condición de estabilidad atmosférica de Pasquill F. Además, se considera que las condiciones ambientales y meteorológicas permanecen constantes, durante el tiempo del evento.
- El flujo volumétrico de cada escenario simulado es el producto de la capacidad de cada componente.
- La duración de la fuga se considera constante con el fin de estimar las peores consecuencias, sin embargo, para fines de determinar el inventario de descarga, se consideró un tiempo de 60 segundos, considerando que es el tiempo de accionamiento para el cierre de válvulas de corte
- El flujo y las condiciones de operación son las máximas estimadas conforme a los Diagramas de Flujo y operación del proyecto.
- Los diámetros equivalentes de fuga fueron considerados con base a la experiencia del Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgos, tal y como se muestran a continuación:
 - Peor Caso (PC): Rotura al 100% del DN del ducto.
 - Caso Alterno (CA): Rotura al 20% del DN del ducto.
- La determinación de las Zonas de Amortiguamiento, Zona de Alto Riesgo y Zona de Alto Riesgo a por Daño a Equipos, considera lo siguiente respecto a la GUIA de la ASEA.



Estudio de Riesgo (ER)
**“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la
Zona Geográfica: Morelos”**

IV

Estado de Morelos.

	Zona de Alto Riesgo por daño a equipos	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
Inflamabilidad (Radiación térmica)	Rango de 12.5 kW/m ² a 37.5 kW/m ²	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²
Explosividad (Sobrepresión)	Rango de 3 psi a 10 lb/in ²	1.0 psi (0.070 kg/cm ²)	0.5 psi (0.035 kg/cm ²)

IV.3.1 Relación de Escenarios y Consideraciones de Simulación.

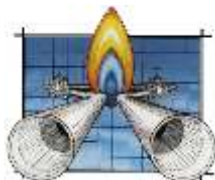
A continuación, se indica la relación de escenarios a simular, además de los datos empleados para la determinación del inventario y la tasa de descarga utilizados:



Tabla 1 Relación de Escenarios de simulación.

No.	Clave de Escenario	Descripción del escenario	RR ¹	DEF ¹	Presión (kg/cm ²)	Temp. (°C)	Flujo (MMSCFD)	Tiempo de fuga	Flujo Másico (kg/s)	Tipo de Esc.
1	PHA-Esc1-CMP-ER-Tipo01	Fuga de 0.75"Ø en el ducto de entrada a la ER-Tipo 01 Residencial Cuautla debido a la presencia de corrosión o desgaste de material (materiales fuera de especificación).	B	0.75"	21	20	4.83	120 s	0.87	CMP
2	PHA-Esc2-PC-ER-Tipo01	Rotura diametral del 100% en la tubería de 4" AC a la entrada a la ER-Tipo 01 Residencial Cuautla debido a la afectación por terceros (actos vandálicos o terrorismo).	B	4"	21	20	4.83	60 s	19.12	PC
3	PHA-Esc3-CA-ER-Tipo01	Rotura diametral del 20% en la tubería de 4" AC a la entrada a la ER-Tipo 01 Residencial Cuautla debido a la afectación por terceros (actos vandálicos o terrorismo).	B	0.8"	21	20	4.83	60 s	0.76	CA
4	PHA-Esc4-PC-Dcto-3"AC	Rotura diametral al 100% del gasoducto de 4" Ø en Acero.	B	4"	21	20	4.83	60 s	19.12	PC
5	PHA-Esc5-CA-Dcto-3"AC	Rotura diametral al 20% del gasoducto de 4" Ø en Acero.	B	0.8"	21	20	4.83	60 s	0.76	CA
6	PHA-Esc6-PC-Dcto-8"PE	Rotura diametral al 100% del gasoducto de 8" Ø en Polietileno.	B	8"	7	20	4.28	60 s	25.49	PC
7	PHA-Esc7-CA-Dcto-8"PE	Rotura diametral al 20% del gasoducto de 8" Ø en Polietileno.	B	1.6"	7	20	4.28	60 s	1.02	CA
8	PHA-Esc8-PC-Dcto-6"PE	Rotura diametral al 100% del gasoducto de 6" Ø en Polietileno.	B	6"	7	20	4.28	60 s	14.34	PC
9	PHA-Esc9-CA-Dcto-6"PE	Rotura diametral al 20% del gasoducto de 6" Ø en Polietileno.	B	1.2"	7	20	4.28	60 s	0.57	CA

¹ RR= Clasificación de Riesgo; DEF= diámetro Equivalente de Fuga



Estudio de Riesgo (ER)
“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la
Zona Geográfica: Morelos”
 Estado de Morelos.

IV

No.	Clave de Escenario	Descripción del escenario	RR ¹	DEF ¹	Presión (kg/cm ²)	Temp. (°C)	Flujo (MMSCFD)	Tiempo de fuga	Flujo Másico (kg/s)	Tipo de Esc.
10	PHA-Esc10-PC-Dcto-4"PE	Rotura diametral al 100% del gasoducto de 4" ø en Polietileno.	B	4"	7	20	4.28	60 s	6.37	PC
11	PHA-Esc11-CA-Dcto-4"PE	Rotura diametral al 20% del gasoducto de 4" ø en Polietileno.	B	0.8"	7	20	4.28	60 s	0.25	CA
12	PHA-Esc12-PC-Dcto-3"PE	Rotura diametral al 100% del gasoducto de 3" ø en Polietileno.	B	3"	7	20	4.28	60 s	3.58	PC
13	PHA-Esc13-CA-Dcto-3"PE	Rotura diametral al 20% del gasoducto de 3" ø en Polietileno.	B	0.6"	7	20	4.28	60 s	0-14	CA
14	PHA-Esc14-PC-Dcto-2"PE	Rotura diametral al 100% del gasoducto de 2" ø en Polietileno.	B	2"	7	20	4.28	60 s	1.59	PC
15	PHA-Esc15-CA-Dcto-2"PE	Rotura diametral al 20% del gasoducto de 2" ø en Polietileno.	B	0.4"	7	20	4.28	60 s	0.06	CA
16	PHA-Esc16-PC-Dcto-0.75"PE	Rotura diametral al 100% del gasoducto de 0.75" ø en Polietileno.	B	0.75"	7	20	4.28	60 s	0.22	PC
17	PHA-Esc17-CA-Dcto-0.75"PE	Rotura diametral al 20% del gasoducto de 0.75" ø en Polietileno.	B	0.15"	7	20	4.28	60 s	0.01	CA



Los criterios para la determinación de las áreas de riesgo (Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (ZARDE), Zona de Alto Riesgo (ZAR) y Zona de Amortiguamiento (ZA)), fueron los que establece la Guía para elaboración de análisis de riesgo del sector hidrocarburos en su apartado 5.4.2.2 (Tabla 31), mismos que se indican a continuación:

Tabla 2 Parámetros a utilizar para la determinación de las zonas de riesgo.

	Zona de Alto Riesgo por daño a equipos	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
Inflamabilidad (Radiación térmica)	Rango de 12.5 kW/m ² a 37.5 kW/m ²	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²
Explosividad (Sobrepresión)	Rango de 3 psi a 10 lb/in ²	1.0 psi (0.070 kg/cm ²)	0.5 psi (0.035 kg/cm ²)

Los resultados obtenidos de acuerdo con el análisis de consecuencias de los escenarios de riesgo seleccionados por el grupo multidisciplinario a diferentes niveles (radiación térmica y sobrepresión) se describen a continuación.

Tabla 3 Resultados de los escenarios simulados.

Clave de Escenario	Radiación Térmica				Sobrepresión			
	ZARDE	ZARDE	ZAR	ZA	ZARDE	ZARDE	ZAR	ZA
	(37.5 kW/m ²)	(12.5 kW/m ²)	(5.0 kW/m ²)	(1.4 kW/m ²)	10 psi	3 psi	1 psi	0.5 psi
PHA-Esc1-CMP-ER-Tipo01	4.50	8.19	13.14	24.58	17.02	34.73	79.28	134.77
PHA-Esc2-PC-ER-Tipo01	20.86	41.64	65.87	122.31	41.28	84.24	192.30	326.88
PHA-Esc3-CA-ER-Tipo01	4.79	8.73	13.99	26.15	14.09	28.75	65.63	111.56
PHA-Esc4-PC-Dcto-3"AC	21.02	41.90	66.03	122.40	41.28	84.24	192.30	326.88
PHA-Esc5-CA-Dcto-3"AC	4.96	9.01	14.17	26.24	14.09	28.75	65.63	111.56
PHA-Esc6-PC-Dcto-8"PE	23.12	45.19	73.97	139.50	45.43	92.72	211.64	359.76
PHA-Esc7-CA-Dcto-8"PE	5.03	9.81	15.93	29.94	15.54	31.71	72.39	123.05
PHA-Esc8-PC-Dcto-6"PE	17.60	34.40	56.22	105.95	37.50	76.54	174.72	296.99
PHA-Esc9-CA-Dcto-6"PE	3.91	7.46	12.10	22.74	12.80	26.12	59.63	101.36
PHA-Esc10-PC-Dcto-4"PE	12.28	23.41	38.19	71.90	28.62	58.40	133.31	226.61
PHA-Esc11-CA-Dcto-4"PE	2.75	5.08	8.22	15.43	9.72	19.85	45.30	77.01
PHA-Esc12-PC-Dcto-3"PE	8.95	17.82	29.02	54.61	23.62	48.19	110.01	187.00



Clave de Escenario	Radiación Térmica				Sobrepresión			
	ZARDE	ZARDE	ZAR	ZA	ZARDE	ZARDE	ZAR	ZA
	(37.5 kW/m ²)	(12.5 kW/m ²)	(5.0 kW/m ²)	(1.4 kW/m ²)	10 psi	3 psi	1 psi	0.5 psi
PHA-Esc13-CA-Dcto-3"PE	2.01	3.86	6.25	11.72	8.02	16.36	37.34	63.47
PHA-Esc14-PC-Dcto-2"PE	6.05	12.12	19.71	37.06	18.02	36.77	83.94	142.68
PHA-Esc15-CA-Dcto-2"PE	1.52	2.63	4.24	7.95	6.04	12.33	28.15	47.86
PHA-Esc16-PC-Dcto-0.75"PE	2.82	4.77	7.73	14.50	9.32	19.02	43.41	73.80
PHA-Esc17-CA-Dcto-0.75"PE	0.55	0.99	1.63	3.11	3.33	6.79	15.49	26.34

Las Hojas de Resultados de la Simulación de los Escenarios de Riesgo se incluyen en el **Anexo 10**.

Modelación de Explosiones (Sobrepresión).

Para realizar las simulaciones de los efectos por sobrepresiones en los escenarios definidos para el presente estudio se utilizó el modelo SCRI Fuego en la versión 2.1, el cual es un conjunto de herramientas, para simular en computadora; emisiones de contaminantes, fugas y derrames de productos tóxicos y daños por nubes explosivas, para estimar escenarios de afectación de emisiones continuas o instantáneas, bajo diversas condiciones meteorológicas, para estudios de riesgo e impacto ambiental, diseño de plantas e instalaciones industriales y apoyar en la capacitación y entrenamiento de personal, en el manejo de situaciones de emergencia.

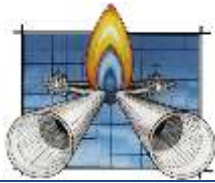
Si partimos de la premisa que una explosión se caracteriza por la liberación repentina de energía que produce un área momentánea de alta presión en el medio ambiente, entonces la emisión de energía y la disipación de la energía hacia el medio ambiente debe ocurrir muy rápido a fin de que el evento sea clasificado como explosión.

El efecto de una explosión se debe a la disipación de la energía liberada y una gran parte de la energía liberada se transforma en un incremento de presión en la atmósfera (sobrepresión explosiva).

Modelación de Incendio.

Este modelo calcula y proporciona los radios de la zona en donde el fuego provoca quemaduras a personas sin protección, dichos radios están dados en dos escalas que determinan quemaduras letales para el radio que delimita los 9.5 kW/m² y quemaduras de segundo grado para el radio que marca los 5 kW/m² de radiación. El modelo trabaja con los siguientes parámetros de la sustancia simulada:

- Peso molecular,
- Gravedad específica,
- Temperatura,



Estudio de Riesgo (ER)

“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

Estado de Morelos.

IV

➤ Área del incendio.

El modelo asume que la velocidad del viento es insuficiente, como para mantener un área circular de fuego y que las personas expuestas no están protegidas completamente contra los efectos de la radiación térmica por el uso de cualquier ropa.

Límites para definición de las áreas de riesgo y amortiguamiento.

Para poder definir los límites con los que se establecen los escenarios y las zonas de seguridad en el entorno de estos, se utilizan los criterios dados por la Agencia de Seguridad Energía y Medio Ambiente (ASEA).

Para el caso de la radiación térmica y las sobrepresiones se cuenta con los siguientes valores definidos por la ASEA.

Inflamabilidad (radiación térmica).

- Zona de alto riesgo por daño a equipos: 37 kW/m² (kilowatt por metro cuadrado) a 12.5 kW/m²,
- Zona de alto riesgo: 5 kW/m²,
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): 1.4 kW/m².

Explosividad (sobrepresión).

- Zona de alto riesgo por daño a equipos: 10 psi (Libras por pulgada cuadrada) a 3 psi,
- Zona de alto riesgo: 1 psi,
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): 0.5 psi.

Una evaluación del riesgo sólo queda completa si se conocen las consecuencias de un accidente por muy eventual que sea. Por este motivo, la última etapa de una evaluación de riesgo consiste en analizar las consecuencias de un accidente potencial importante en las instalaciones y su efecto en el medio ambiente.

El análisis de consecuencias busca determinar la magnitud de las consecuencias de un incidente peligroso, esto es, un acontecimiento que por lo general ocurre sin advertencia, durante un periodo corto y con efectos potencialmente serios en personas y propiedades.

En la práctica, el análisis de consecuencias atiende los siguientes factores:

- Término de la fuente,
- Dispersión,
- Efecto.

Factores de mitigación.

Término de la fuente. Es la evaluación de las características de la liberación peligrosa inicial, y es la base sobre la cual se construye el resto de la secuencia del análisis.

Dispersión. Los modelos de dispersión se aplican a escenarios de liberaciones al aire y se clasifican en términos de la diferencia en densidad entre el material liberado y la atmósfera.



Fuego y explosión. Se hace énfasis en peligros provenientes de liberaciones que causan radiación térmica e impactos de presión para poder estimar los efectos de éstos en personas y materiales.

Factores de mitigación. Estos modelos analizan datos para sistemas de aislamiento, barreras, procedimientos de evacuación y acciones evasivas durante accidentes.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición.

La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que sienta dolor.

Para evaluar los efectos en un incendio, se tomarán como base los datos indicados en la siguiente tabla:

Tabla 4 Efectos generados por radiación térmica.

(kW/m ²)	Daño a equipos / materiales	Daño a personas
400	Máxima radiación tolerable por una pared de ladrillos.	-
200	Debilitamiento del hormigón armado.	-
60	Máxima radiación tolerable por el cemento.	-
40	Máximo tolerable por el acero estructural y el hormigón prensado. Destrucción de equipos y tanques.	-
37.5	Suficiente para causar daños a equipos de proceso; colapso de estructuras.	100% de mortalidad en 1 minuto.
25	El acero delgado, aislado, puede perder su integridad mecánica. Energía mínima para encender madera, por la larga exposición, sin llama.	1% de mortalidad en 1 minuto. Lesiones significativas en 10 segundos.
12.5	Energía mínima para encender madera después de una larga exposición, con llama ignición de tubos y recubrimientos de plástico en cables eléctricos. Daños severos a equipos de instrumentación.	ZONA DE INTERVENCIÓN: máximo soportable protegido con trajes especiales, por tiempo limitado (ejemplo bomberos). Es más que conveniente, de todos modos, refrigerar a la persona expuesta a esta dosis. Sin trajes especiales, 1% de mortalidad en 1 minuto, quemaduras de 1er grado en 10 segundos.
11.7	El acero delgado, parcialmente aislado, puede perder su integridad mecánica.	-
9.5		Umbral de dolor alcanzado después de 8 segundos, quemaduras de segundo grado después de 20 segundos.
8	-	Umbral de letalidad (1% de afectación) por incendio, para un tiempo de exposición de 1 minuto. Asfixia por la disminución de Oxígeno y la exposición a los humos generados por el incendio.
4	-	ZONA DE ALERTA: suficiente para causar dolor si la exposición es mayor a 20 segundos. Quemadura de 1er grado. Improbable formación de ampollas.



(kW/m ²)	Daño a equipos / materiales	Daño a personas
1.5	-	Máximo soportable por personas con vestimentas normales y un tiempo prolongado.
1.39	-	No causará incomodidad en exposiciones prolongadas.

Formación de ondas de sobrepresión.

Los efectos producidos por una explosión se generan a través de una serie de ondas expansivas, de tal forma que las ondas de mayor presión están situadas formando una circunferencia cercana al centro de la nube y las de menor presión se sitúan en circunferencias de diámetros mayores. La tabla siguiente muestra la relación entre la sobrepresión y el tipo de daño asociado.

Tabla 5 Efectos generados por ondas de sobrepresión.

Sobrepresión (psi)	Daño esperado
0.03	Ruptura ocasional de ventanas de vidrio grandes que ya se encuentren bajo tensión.
0.04	Ruido elevado (143 dB); fallas en vidrio debido al “boom” sónico.
0.10	Ruptura de ventanas pequeñas bajo tensión.
0.15	Presión típica para fallas en vidrio.
0.30	Cierto daño en techos de casas, 10% de rupturas en vidrios de ventana.
0.40	Daño estructural menor limitado.
0.50 - 1.0	Normalmente ventanas despedazadas, algo de daño en los marcos de estas.
0.7	Daño menor a estructuras de casas.
1.0	Demolición parcial de casas, estas se vuelven inhabitables.
1.0 – 2.0	Paneles de metal corrugado que fallan y se doblan. Implosión de paneles de madera para construcción.
1.0 – 8.0	Rango de lesiones de leves a serias debido a laceraciones de la piel por pedazos volantes de vidrio y otros misiles.
1.3	Ligera distorsión en marco de metal de edificios recubiertos.
2.0	Colapso parcial de muros y techos de casas.
2.0 – 3.0	Destrucción de muros de concreto no reforzado o de block prequemado.
2.3	Límite inferior de daño estructural serio.
2.4 - 12.2	Rango de 1 a 90% de rotura de tímpanos entre las personas expuestas.
2.5	Destrucción del 50% del enladrillado casero.
3.0	Edificios con estructura de acero distorsionados y arrancados en sus cimientos.
3.0 – 4.0	Edificios de panel de acero sin estructura arruinados.
4.0	Ruptura en recubrimiento de edificios industriales ligeros.



Sobrepresión (psi)	Daño esperado
5.0	Postes de madera arrancados.
5.0 – 7.0	Destrucción casi completa de casas.
7.0	Volcadura de carros de ferrocarril con carga.
7.0 – 8.0	Falla en muros de ladrillo de 8 a 12” de espesor sin refuerzo debido a la flexión o desgarre.
9.0	Demolición de contenedores de ferrocarril con carga.
10.0	Posible destrucción total de edificios.
14.5 - 29.0	Rango de 1 ha 99% de fatalidades entre las personas expuestas debido a los efectos directos del estallido.
300	Formación de cráter.

Baker, W.E; *Explosion Hazards and Evaluation*
Lees, F.P.; *Prevención de Pérdidas en Industrias de Procesos*,
Vol. 1, Butterworths, London & Boston, 1980.

IV.3.2 Representación de los resultados de la simulación de consecuencia.

La representación de los radios de afectación se incluye en el **Anexo 11**.

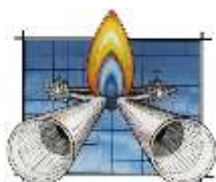
IV.4 ANÁLISIS DE RIESGO.

IV.4.1 Análisis de Vulnerabilidad.

Para cada escenario de riesgo simulado se realiza un análisis y evaluación de posibles interacciones, en el probable caso de que estos se lleguen a presentar, considerando las áreas de interés, instalaciones, población, personal, ductos, cruzamientos, que se encuentren dentro de las Zonas de Alto Riesgo (ZAR y ZARDE) y Zona de Amortiguamiento, donde se consideró la probabilidad de ocurrencia de un efecto domino, se describe detalladamente las posibles afectaciones a los receptores de riesgo. (Personas, población, medio ambiente, instalaciones, etc.).

De igual manera se mencionan las medidas preventivas que son consideradas para evitar el evento o minimizar la probabilidad de que ocurra, donde se justifica la compatibilidad del proyecto con el entorno.

La evaluación de los riesgos a través de los escenarios más probables junto a la simulación de los eventos máximos definidos con el software SCRI, permite determinar las áreas potencialmente



vulnerables, de tal manera que se generen recomendaciones para evitar la ocurrencia del evento o contar con la protección adecuada en caso de que este ocurra.

Cabe hacer mención, que el gas natural no representa un riesgo significativo de contaminación para los cuerpos de agua como son lagunas, arroyos, ríos, etc.

A continuación, se realiza la descripción de los efectos que se tendrán sobre los equipos existentes en el proyecto, así como al medio ambiente y la población en general, así como los sistemas de seguridad y medidas para reducir la probabilidad de ocurrencia y/o consecuencia.

Tabla 6 Interacciones de Riesgo.

Escenario	Instalación	Zonas de interés	Distancia respecto al ducto o instalación (m)	Zonas de riesgo que inciden con la Zona de Interés	
				Radiación	Sobrepresión
PHA-Esc1-CMP-ER-Tipo01	Ducto de entrada a la ER Tipo 1 Ruptura de 0.75" ø	Vegetación natural	Contiguo	ZARDE ZAR ZA	ZARDE ZAR ZA
		Colonia Volcanes de Cuautla	27	--	ZARDE ZAR ZA
		Tienda de Autoservicio	51	--	ZAR ZA
		Consultorio Médico Fisioterapia	35	--	ZARDE ZAR
PHA-Esc2-PC-ER-Tipo01	Ducto de 4" AC a la entrada de la ER Tipo 1 Ruptura de 100%	Vegetación natural	Contiguo	ZARDE ZAR ZA	ZARDE ZAR ZA
		Colonia Volcanes de Cuautla	27	ZARDE ZAR ZA	ZARDE ZAR ZA
		Colonia 2 de Mayo	199	--	ZAR ZA
		Colonia Ignacio Zaragoza	233	--	ZA
		Tienda de Autoservicio	51	ZAR ZA	ZARDE ZAR
		Consultorio Médico Fisioterapia	35	ZARDE	ZARDE
		Centro Medico	189	--	ZAR ZA
		Estación de Servicio Carga de Gasolinas	170	--	ZAR
PHA-Esc3-CA-ER-Tipo01	Ducto de 4" AC a la entrada de la ER Tipo 1 Ruptura de	Vegetación natural	Contiguo	ZARDE ZAR ZA	ZARDE ZAR ZA

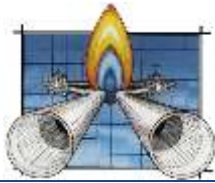


Estudio de Riesgo (ER)
“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

Estado de Morelos.

IV

Escenario	Instalación	Zonas de interés	Distancia respecto al ducto o instalación (m)	Zonas de riesgo que inciden con la Zona de Interés	
				Radiación	Sobre-presión
	20%	Colonia Volcanes de Cuautla	27	--	ZARDE ZAR ZA
		Tienda de Autoservicio	51	--	ZAR ZA
		Consultorio Médico Fisioterapia	35	--	ZARDE ZAR
PHA-Esc4-PC-Dcto-4"AC	Gasoducto de 4" AC ruptura del 100%	Vegetación natural	81	ZA	ZAR ZA
		Colonia Volcanes de Cuautla	115	ZA	ZAR ZA
		Colonia 2 de Mayo	307	--	ZA
		Colonia Ignacio Zaragoza	147	--	ZAR ZA
		Tienda de Autoservicio	37	ZAR ZA	ZARDE ZAR ZA
		Consultorio Médico Fisioterapia	80	ZA	ZARDE ZAR
		Centro Medico	141	--	ZAR
		Estación de Servicio Carga de Gasolinas	74	ZA	ZARDE
PHA-Esc5-CA-Dcto-4"AC	Gasoducto de 4" AC ruptura del 20%	Vegetación natural	81	--	ZA
		Colonia Volcanes de Cuautla	115	--	ZA
		Tienda de Autoservicio	37	--	ZAR ZA
		Consultorio Médico Fisioterapia	80	--	ZA
		Estación de Servicio Carga de Gasolinas	74	--	ZA
PHA-Esc6-PC-Dcto-8"PE	Gasoducto de 8" PE ruptura del 100%	Vegetación natural	Contiguo	ZARDE ZAR ZA	ZARDE ZAR ZA
		Colonia Volcanes de Cuautla	27	ZARDE ZAR ZA	ZARDE ZAR ZA



Estudio de Riesgo (ER)
“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

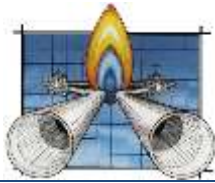
Escenario	Instalación	Zonas de interés	Distancia respecto al ducto o instalación (m)	Zonas de riesgo que inciden con la Zona de Interés	
				Radiación	Sobre-presión
		Colonia 2 de Mayo	199	--	ZAR ZA
		Colonia Ignacio Zaragoza	233	--	ZA
		Tienda de Autoservicio	51	ZAR ZA	ZARDE ZAR
		Consultorio Médico Fisioterapia	35	ZARDE	ZARDE
		Centro Medico	189	--	ZAR ZA
		Estación de Servicio Carga de Gasolinas	170	--	ZAR
PHA-Esc7-CA-Dcto-8"PE	Gasoducto de 8" PE ruptura del 20%	Vegetación natural	Contiguo	ZARDE ZAR ZA	ZARDE ZAR ZA
		Colonia Volcanes de Cuautla	27	--	ZARDE ZAR ZA
		Tienda de Autoservicio	51	--	ZAR ZA
		Consultorio Médico Fisioterapia	35	--	ZARDE ZAR
PHA-Esc8-PC-Dcto-6"PE	Gasoducto de 6" PE ruptura del 100%	Tienda de Autoservicio BA	100	ZA	ZAR
		Tienda de Autoservicio G	217	--	ZA
		Naves Industriales	56	ZAR ZA	ZARDE ZAR
		Colonia Brisas de Cuautla	112	ZA	ZAR ZA
		Colonia Magisterial Tetelcingo	158	--	ZAR ZA
PHA-Esc9-CA-Dcto-6"PE	Gasoducto de 6" PE ruptura del 20%	Tienda de Autoservicio BA	100	--	ZA
		Naves Industriales	56	--	ZAR ZA
		Colonia Brisas de Cuautla	112	--	ZAR ZA



Estudio de Riesgo (ER)
“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la
Zona Geográfica: Morelos”
 Estado de Morelos.

IV

Escenario	Instalación	Zonas de interés	Distancia respecto al ducto o instalación (m)	Zonas de riesgo que inciden con la Zona de Interés	
				Radiación	Sobre-presión
PHA-Esc10-PC-Dcto-4"PE	Gasoducto de 4" PE ruptura del 100%	Oficinas de Gobierno Municipal	51	ZA	ZARDE
		Colonia Guadalupe Victoria	Contiguo	ZARDE ZAR ZA	ZARDE ZAR ZA
PHA-Esc11-CA-Dcto-4"PE	Gasoducto de 4" PE ruptura del 20%	Oficinas de Gobierno Municipal	51	--	ZARDE
		Colonia Guadalupe Victoria	Contiguo	ZARDE ZAR ZA	ZARDE ZAR ZA
PHA-Esc12-PC-Dcto-3"PE	Gasoducto de 3" PE ruptura del 100%	Colonia Lázaro Cárdenas	Contiguo	ZARDE ZAR ZA	ZARDE ZAR ZA
		Estación de Servicio Carga de Gasolinas	64	--	ZAR
PHA-Esc13-CA-Dcto-3"PE	Gasoducto de 3" PE ruptura del 20%	Colonia Lázaro Cárdenas	Contiguo	ZARDE ZAR ZA	ZARDE ZAR ZA
		Estación de Servicio Carga de Gasolinas	64	--	ZA
PHA-Esc14-PC-Dcto-2"PE	Gasoducto de 2" PE ruptura del 100%	Colonia Miguel Hidalgo	Contiguo	ZARDE ZAR ZA	ZARDE ZAR ZAR
PHA-Esc15-CA-Dcto-2"PE	Gasoducto de 2" PE ruptura del 20%	Colonia Miguel Hidalgo	Contiguo	ZARDE ZAR ZA	ZARDE ZAR ZAR
PHA-Esc16-PC-Dcto-0.75"PE	Gasoducto de 0.75" PE ruptura del 100%	Colonia Magisterial Tetelcingo	Contiguo	ZARDE ZAR ZA	ZARDE ZAR ZA
		Tienda de Autoservicio	30	--	ZAR ZA
PHA-Esc17-CA-Dcto-0.75"PE	Gasoducto de 0.75" PE ruptura del 20%	Colonia Magisterial Tetelcingo	Contiguo	ZARDE ZAR ZA	ZARDE ZAR ZA



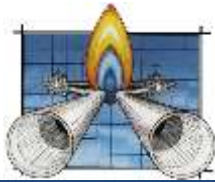
Estudio de Riesgo (ER) **“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”**

IV

Estado de Morelos.

Tabla 7 Interacciones de Riesgos y Descripción de los Posibles Receptores de Riesgo.

Clave del Escenario	Equipo/Sitio de la planta	Sustancia Peligrosa Involucrada	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la afectación	Equipos o instalaciones presentes en el radio de afectación	Distancia de los equipos o instalaciones al punto de fuga	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
PHA-Esc1-CMP-ER-Tipo01	Ducto de entrada a la ER Tipo 1 Ruptura de 0.75" ø	Gas Natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación		Vegetación natural	Contiguo	Sistema NOVO Indicador de presión en la ERM Programa Interno de Protección Civil Programa para la Prevención de Accidentes (PPA)	Ningunas
				Sobrepresión		Vegetación natural	Contiguo		
						Colonia Volcanes de Cuautla	27		
						Consultorio Médico Fisioterapia	35		
			Alto Riesgo	Radiación		Vegetación natural	Contiguo		
				Sobrepresión		Vegetación natural	Contiguo		
						Colonia Volcanes de Cuautla	27		
						Tienda de Autoservicio	51		
PHA-Esc2-PC-ER-Tipo01	Ducto de 4" AC a la entrada de la ER Tipo 1 Ruptura de 100%	Gas Natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación		Vegetación natural	Contiguo	Sistema NOVO Indicador de presión en la ERM Programa Interno de Protección Civil Programa para la Prevención de Accidentes (PPA)	Ningunas
						Colonia Volcanes de Cuautla	27		
						Consultorio Médico Fisioterapia	35		
				Sobrepresión		Vegetación natural	Contiguo		
						Colonia Volcanes de Cuautla	27		
						Tienda de Autoservicio	51		
			Alto Riesgo	Radiación		Consultorio Médico Fisioterapia	35		
						Vegetación natural	Contiguo		
						Colonia Volcanes de Cuautla	27		
						Tienda de Autoservicio	51		
			Alto Riesgo	Sobrepresión		Vegetación natural	Contiguo		
						Colonia Volcanes de Cuautla	27		



Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Clave del Escenario	Equipo/Sitio de la planta	Sustancia Peligrosa Involucrada	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la afectación	Equipos o instalaciones presentes en el radio de afectación	Distancia de los equipos o instalaciones al punto de fuga	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
						Colonia 2 de Mayo	199		
						Tienda de Autoservicio	51		
						Centro Medico	189		
						Estación de Servicio Carga de Gasolinas	170		
PHA-Esc3-CA-ER-Tipo01	Ducto de 4" AC a la entrada de la ER Tipo 1 Ruptura de 20%	Gas Natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación		Vegetación natural	Contiguo	Sistema NOVO Indicador de presión en la ERM Programa Interno de Protección Civil Programa para la Prevención de Accidentes (PPA)	Ningunas
				Sobrepresión		Vegetación natural	Contiguo		
			Alto Riesgo	Radiación		Colonia Volcanes de Cuautla	27		
						Vegetación natural	Contiguo		
				Sobrepresión		Vegetación natural	Contiguo		
						Colonia Volcanes de Cuautla	27		
						Tienda de Autoservicio	51		
PHA-Esc4-PC-Dcto-4"AC	Gasoducto de 4" AC ruptura del 100%	Gas Natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación		NA	NA	Sistema SCADA GNN Plan de Respuesta a Emergencias Programa Interno de Protección Civil Programa para la Prevención de Accidentes (PPA) Programa Anual de Capacitación Procedimientos de Operación y Mantenimiento	Ningunas
				Sobrepresión		Tienda de Autoservicio	37		
						Consultorio Médico Fisioterapia	80		
						Estación de Servicio Carga de Gasolinas	74		
			Alto Riesgo	Radiación		Tienda de Autoservicio	37		
				Sobrepresión		Vegetación natural	81		
						Colonia Volcanes de Cuautla	115		
						Colonia Ignacio Zaragoza	147		
						Tienda de Autoservicio	37		
						Consultorio Médico Fisioterapia	80		
						Centro Medico	141		



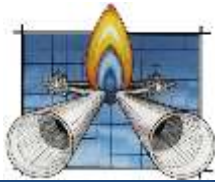
Estudio de Riesgo (ER)

“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Clave del Escenario	Equipo/Sitio de la planta	Sustancia Peligrosa Involucrada	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la afectación	Equipos o instalaciones presentes en el radio de afectación	Distancia de los equipos o instalaciones al punto de fuga	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
PHA-Esc5-CA-Dcto-4"AC	Gasoducto de 4" AC ruptura del 20%	Gas Natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación		NA	NA	Sistema SCADA GNN Plan de Respuesta a Emergencias Programa Interno de Protección Civil Programa para la Prevención de Accidentes (PPA) Programa Anual de Capacitación Procedimientos de Operación y Mantenimiento	Ningunas
				Sobrepresión		NA	NA		
			Alto Riesgo	Radiación		NA	NA		
				Sobrepresión		Tienda de Autoservicio	37		
PHA-Esc6-PC-Dcto-8"PE	Gasoducto de 8" PE ruptura del 100%	Gas Natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación		Vegetación natural	Contiguo	Sistema SCADA GNN Plan de Respuesta a Emergencias Programa Interno de Protección Civil Programa para la Prevención de Accidentes (PPA) Programa Anual de Capacitación Procedimientos de Operación y Mantenimiento	Ningunas
						Colonia Volcanes de Cuautla	27		
						Consultorio Médico Fisioterapia	35		
						Vegetación natural	Contiguo		
				Sobrepresión		Colonia Volcanes de Cuautla	27		
						Tienda de Autoservicio	51		
						Consultorio Médico Fisioterapia	35		
						Vegetación natural	Contiguo		
			Alto Riesgo	Radiación		Colonia Volcanes de Cuautla	27		
						Tienda de Autoservicio	51		
						Vegetación natural	Contiguo		
						Colonia Volcanes de Cuautla	27		
				Sobrepresión		Colonia 2 de Mayo	199		
						Tienda de Autoservicio	51		
						Centro Médico	189		
						Estación de Servicio Carga de Gasolinas	170		
PHA-Esc7-	Gasoducto de 8"	Gas Natural	Alto Riesgo	Radiación		Vegetación natural	Contiguo	Sistema SCADA GNN	Ningunas



Estudio de Riesgo (ER) **“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”**

IV

Estado de Morelos.

Clave del Escenario	Equipo/Sitio de la planta	Sustancia Peligrosa Involucradora	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la afectación	Equipos o instalaciones presentes en el radio de afectación	Distancia de los equipos o instalaciones al punto de fuga	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
CA-Dcto-8"PE	PE ruptura del 20%		o en equipos	Sobrepresión		Vegetación natural	Contiguo	Plan de Respuesta a Emergencias Programa Interno de Protección Civil Programa para la Prevención de Accidentes (PPA) Programa Anual de Capacitación Procedimientos de Operación y Mantenimiento	
						Colonia Volcanes de Cuautla	27		
			Alto Riesgo	Radiación		Vegetación natural	Contiguo		
				Sobrepresión		Vegetación natural	Contiguo		
						Colonia Volcanes de Cuautla	27		
						Tienda de Autoservicio	51		
PHA-Esc8-PC-Dcto-6"PE	Gasoducto de 6" PE ruptura del 100%	Gas Natural	Alto Riesgo o en equipos	Radiación		NA	NA	Sistema SCADA GNN Plan de Respuesta a Emergencias Programa Interno de Protección Civil Programa para la Prevención de Accidentes (PPA) Programa Anual de Capacitación Procedimientos de Operación y Mantenimiento	Ningunas
				Sobrepresión		Naves Industriales	56		
			Alto Riesgo	Sobrepresión		Naves Industriales	56		
						Tienda de Autoservicio BA	100		
						Naves Industriales	56		
						Colonia Brisas de Cuautla	112		
						Colonia Magisterial Tetelcingo	158		
PHA-Esc9-CA-Dcto-6"PE	Gasoducto de 6" PE ruptura del 20%	Gas Natural	Alto Riesgo o en equipos	Radiación		NA	NA	Sistema SCADA GNN Plan de Respuesta a Emergencias Programa Interno de Protección Civil Programa para la Prevención de Accidentes (PPA) Programa Anual de Capacitación Procedimientos de Operación y Mantenimiento	Ningunas
				Sobrepresión		NA	NA		
			Alto Riesgo	Radiación		NA	NA		
				Sobrepresión		Naves Industriales	56		
						Colonia Brisas de Cuautla	112		
PHA-Esc10-PC-Dcto-4"PE	Gasoducto de 4" PE ruptura del 100%	Gas Natural	Alto Riesgo o en equipos	Radiación		Colonia Guadalupe Victoria	Contiguo	Sistema SCADA GNN Plan de Respuesta a Emergencias Programa Interno de Protección Civil Programa para la Prevención de Accidentes (PPA) Programa Anual de Capacitación	Ningunas
				Sobrepresión		Colonia Guadalupe Victoria	Contiguo		
			Alto Riesgo	Radiación		Oficinas de Gobierno Municipal	51		
						Colonia Guadalupe	Contiguo		

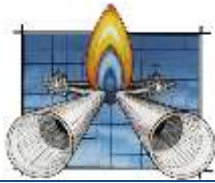


Estudio de Riesgo (ER) **“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”**

IV

Estado de Morelos.

Clave del Escenario	Equipo/Sitio de la planta	Sustancia Peligrosa Involucrada	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la afectación	Equipos o instalaciones presentes en el radio de afectación	Distancia de los equipos o instalaciones al punto de fuga	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
			o			Victoria		Procedimientos de Operación y Mantenimiento	
				Sobrepresión		Colonia Guadalupe Victoria	Contiguo		
PHA-Esc11-CA-Dcto-4"PE	Gasoducto de 4" PE ruptura del 20%	Gas Natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación		Colonia Guadalupe Victoria	Contiguo	Sistema SCADA GNN Plan de Respuesta a Emergencias Programa Interno de Protección Civil Programa para la Prevención de Accidentes (PPA) Programa Anual de Capacitación Procedimientos de Operación y Mantenimiento	Ningunas
				Sobrepresión		Colonia Guadalupe Victoria	Contiguo		
						Oficinas de Gobierno Municipal	51		
			Alto Riesgo	Radiación		Colonia Guadalupe Victoria	Contiguo		
				Sobrepresión		Colonia Guadalupe Victoria	Contiguo		
						Colonia Guadalupe Victoria	Contiguo		
PHA-Esc12-PC-Dcto-3"PE	Gasoducto de 3" PE ruptura del 100%	Gas Natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación		Colonia Lázaro Cárdenas	Contiguo	Sistema SCADA GNN Plan de Respuesta a Emergencias Programa Interno de Protección Civil Programa para la Prevención de Accidentes (PPA) Programa Anual de Capacitación Procedimientos de Operación y Mantenimiento	Ningunas
				Sobrepresión		Colonia Lázaro Cárdenas	Contiguo		
			Alto Riesgo	Radiación		Colonia Lázaro Cárdenas	Contiguo		
				Sobrepresión		Colonia Lázaro Cárdenas	Contiguo		
						Colonia Lázaro Cárdenas	Contiguo		
						Estación de Servicio Carga de Gasolinas	64		
PHA-Esc13-CA-Dcto-3"PE	Gasoducto de 3" PE ruptura del 20%	Gas Natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación		Colonia Lázaro Cárdenas	Contiguo	Sistema SCADA GNN Plan de Respuesta a Emergencias Programa Interno de Protección Civil Programa para la Prevención de Accidentes (PPA) Programa Anual de Capacitación Procedimientos de Operación y Mantenimiento	Ningunas
				Sobrepresión		Colonia Lázaro Cárdenas	Contiguo		
			Alto Riesgo	Radiación		Colonia Lázaro Cárdenas	Contiguo		
				Sobrepresión		Colonia Lázaro Cárdenas	Contiguo		
						Colonia Lázaro Cárdenas	Contiguo		
						Colonia Lázaro Cárdenas	Contiguo		
PHA-Esc14-PC-Dcto-2"PE	Gasoducto de 2" PE ruptura del 100%	Gas Natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación		Colonia Miguel Hidalgo	Contiguo	Sistema SCADA GNN Plan de Respuesta a Emergencias Programa Interno de Protección Civil Programa para la Prevención de Accidentes (PPA)	Ningunas
				Sobrepresión		Colonia Miguel Hidalgo	Contiguo		
			Alto Riesgo	Radiación		Colonia Miguel Hidalgo	Contiguo		
						Colonia Miguel Hidalgo	Contiguo		
				Radiación		Colonia Miguel Hidalgo	Contiguo		
						Colonia Miguel Hidalgo	Contiguo		

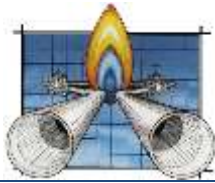


Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Clave del Escenario	Equipo/Sitio de la planta	Sustancia Peligrosa Involucrada	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la afectación	Equipos o instalaciones presentes en el radio de afectación	Distancia de los equipos o instalaciones al punto de fuga	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
				Sobrepresión		Colonia Miguel Hidalgo	Contiguo	Programa Anual de Capacitación Procedimientos de Operación y Mantenimiento	
PHA-Esc15-CA-Dcto-2"PE	Gasoducto de 2" PE ruptura del 20%	Gas Natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación		Colonia Miguel Hidalgo	Contiguo	Sistema SCADA GNN Plan de Respuesta a Emergencias Programa Interno de Protección Civil Programa para la Prevención de Accidentes (PPA) Programa Anual de Capacitación Procedimientos de Operación y Mantenimiento	Ningunas
				Sobrepresión		Colonia Miguel Hidalgo	Contiguo		
			Alto Riesgo	Radiación		Colonia Miguel Hidalgo	Contiguo		
				Sobrepresión		Colonia Miguel Hidalgo	Contiguo		
PHA-Esc16-PC-Dcto-0.75"PE	Gasoducto de 0.75" PE ruptura del 100%	Gas Natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación		Colonia Magisterial Tetelcingo	Contiguo	Sistema SCADA GNN Plan de Respuesta a Emergencias Programa Interno de Protección Civil Programa para la Prevención de Accidentes (PPA) Programa Anual de Capacitación Procedimientos de Operación y Mantenimiento	Ningunas
				Sobrepresión		Colonia Magisterial Tetelcingo	Contiguo		
			Alto Riesgo	Radiación		Colonia Magisterial Tetelcingo	Contiguo		
				Sobrepresión		Colonia Magisterial Tetelcingo	Contiguo		
						Tienda de Autoservicio	30		
PHA-Esc17-CA-Dcto-0.75"PE	Gasoducto de 0.75" PE ruptura del 20%	Gas Natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación		Colonia Magisterial Tetelcingo	Contiguo	Sistema SCADA GNN Plan de Respuesta a Emergencias Programa Interno de Protección Civil Programa para la Prevención de Accidentes (PPA) Programa Anual de Capacitación Procedimientos de Operación y Mantenimiento	Ningunas
				Sobrepresión		Colonia Magisterial Tetelcingo	Contiguo		
			Alto Riesgo	Radiación		Colonia Magisterial Tetelcingo	Contiguo		
				Sobrepresión		Colonia Magisterial Tetelcingo	Contiguo		



Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Tabla 8 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc1).

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
PHA-Esc1-CMP-ER-Tipo01	Población/ Personal	Radiación	Alto Riesgo	El daño esperado en las personas dentro de las Zonas de Riesgo donde se alcanzan niveles de Radiación de hasta 40 kW/m ² , es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto, posterior a los 40 kW/m ² y hasta niveles de 25 kW/m ² solo se esperan lesiones significativas en las personas si se exponen a la radiación en 10 segundos. Posterior a los 25 kW/m ² y hasta niveles de 12.5 kW/m ² las afectaciones en seres humanos es que éstos presentarán quemaduras de primer grado en un tiempo de 40 segundos. A partir 12.5 kW/m ² y hasta niveles de 5 kW/m ² , es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 40 segundos y se presentarán quemaduras de primer grado, aunque es improbable la formación de ampollas, hasta este nivel es que se pueden causar afectaciones a las personas.	- Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. - Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. - TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. - Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. - Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. - Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. - Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. - Plan de Respuesta a Emergencias. - Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
			Amortiguamiento	A partir de los 5 kW/m ² m las personas pueden soportar la radiación con la vestimenta adecuada (vestimenta de civil) y por tiempos prolongados. A niveles de 1.4 kW/m ² , las afectaciones a las personas son nulas ya que es el nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	Valores máximos de sobrepresión y hasta 10 psi se esperan posibles fatalidades en personas expuestas directamente a las ondas de sobrepresión. De 10 psi y hasta 5 psi, se estaría en un rango de 1 al 90% de rotura de tímpanos en personas expuestas directamente a la explosión, sin causar mortalidades en las mismas.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, no existen daños en personas.	
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Energía mínima suficiente para encender la madera y vegetación con radiaciones que van desde 37.5 kW/m ² a 12.5 kW/m ² , por lo que sería suficiente para la generación de un incendio forestal. Con radiaciones que van de 12.5 kW/m ² 5.0 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
			Amortiguamiento	Radiaciones que van de 5.0 kW/m ² 1.4 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	La generación de una explosión no confinada conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, por las ondas de sobrepresión que estarían generando la posible caída de árboles y el desplazamiento de fauna, por la generación de ruido, sin embargo, son mínimas las afectaciones hacia el medio ambiente.	
			Amortiguamiento		
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	Las afectaciones en la infraestructura son muy significativas, ya que tanto el acero estructural como el hormigón armado tienen a perder su integridad física, además de que las estructuras de madera o vegetación en general tienen a verse afectadas por la autoignición de las mismas, ocasionando un incendio mayor. Además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero y civiles existentes, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m ² .	
			Alto Riesgo		



Estudio de Riesgo (ER)
“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”
Estado de Morelos.

IV

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
				De 40 kW/m ² hasta 25 kW/m ² . En esta zona se causarán daños a las instalaciones o instrumentación conformadas por acero delgado, tales como instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica, indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente). En el límite de la ZARDE que equivale a 12.5 kW/m ² , solo se causarán daños menores a los equipos y estructuras de acero.	
			Amortiguamiento	La Zona de Amortiguamiento (ZA) para Radiación se encuentra a partir de los 5 kW/m ² hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m ² ; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil del Proyecto.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	A 300 psi se sufrirá la destrucción total de equipos sistemas y estructuras, ya que a este nivel de sobrepresión se pueden generar cráteres en la zona de la explosión. De 300 psi a 10 psi, se espera la destrucción de la infraestructura de proceso y servicios (tuberías, tanques, bombas, medidores, etc.), con valores de hasta \$50,000,000 USD. Con valores de sobrepresión de hasta 3 psi, la presión es suficiente para causar el colapso parcial de estructuras mecánicas y civiles, con pérdidas de hasta \$5,000,000 USD. Valores de hasta 1 psi, daños parciales en techos y muros por lo que los cuartos de control y edificios administrativos tienden a ser inhabitables por los daños generados.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, solo se causarán daños menores en estructuras civiles como, malformaciones menores en marcos de puertas y ventanas, en esta zona y a partir de los 0.5 psi, no existen daños en la infraestructura civil o mecánica de zonas industriales o habitacionales.	



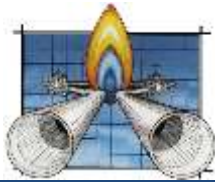
Estudio de Riesgo (ER) **“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”**

IV

Estado de Morelos.

Tabla 9 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc2).

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
PHA-Esc2-PC-ER-Tipo01	Población/ Personal	Radiación	Alto Riesgo	El daño esperado en las personas dentro de las Zonas de Riesgo donde se alcanzan niveles de Radiación de hasta 40 kW/m ² , es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto, posterior a los 40 kW/m ² y hasta niveles de 25 kW/m ² solo se esperan lesiones significativas en las personas si se exponen a la radiación en 10 segundos. Posterior a los 25 kW/m ² y hasta niveles de 12.5 kW/m ² las afectaciones en seres humanos es que éstos presentarán quemaduras de primer grado en un tiempo de 40 segundos. A partir 12.5 kW/m ² y hasta niveles de 5 kW/m ² , es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 40 segundos y se presentarán quemaduras de primer grado, aunque es improbable la formación de ampollas, hasta este nivel es que se pueden causar afectaciones a las personas.	- Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. - Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. - TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. - Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. - Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. - Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. - Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. - Plan de Respuesta a Emergencias. Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
			Amortiguamiento	A partir de los 5 kW/m ² m las personas pueden soportar la radiación con la vestimenta adecuada (vestimenta de civil) y por tiempos prolongados. A niveles de 1.4 kW/m ² , las afectaciones a las personas son nulas ya que es el nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	Valores máximos de sobrepresión y hasta 10 psi se esperan posibles fatalidades en personas expuestas directamente a las ondas de sobrepresión. De 10 psi y hasta 5 psi, se estaría en un rango de 1 al 90% de rotura de tímpanos en personas expuestas directamente a la explosión, sin causar mortalidades en las mismas.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, no existen daños en personas.	
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Energía mínima suficiente para encender la madera y vegetación con radiaciones que van desde 37.5 kW/m ² a 12.5 kW/m ² , por lo que sería suficiente para la generación de un incendio forestal. Con radiaciones que van de 12.5 kW/m ² 5.0 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
			Amortiguamiento	Radiaciones que van de 5.0 kW/m ² 1.4 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	La generación de una explosión no confinada conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, por las ondas de sobrepresión que estarían generando la posible caída de árboles y el desplazamiento de fauna, por la generación de ruido, sin embargo, son mínimas las afectaciones hacia el medio ambiente.	
			Amortiguamiento		



Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	Las afectaciones en la infraestructura son muy significativas, ya que tanto el acero estructural como el hormigón armado tienen a perder su integridad física, además de que las estructuras de madera o vegetación en general tienen a verse afectadas por la autoignición de las mismas, ocasionando un incendio mayor. Además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero y civiles existentes, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m². De 40 kW/m² hasta 25 kW/m². En esta zona se causarán daños a las instalaciones o instrumentación conformadas por acero delgado, tales como instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica, indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente). En el límite de la ZARDE que equivale a 12.5 kW/m², solo se causarán daños menores a los equipos y estructuras de acero. 12.5 kW/m² y hasta los 5 kW/m² que es el límite de la Zona de Alto Riesgo (ZA), los daños a equipos son mínimos y no se corre el riesgo de colapso de los mismo o pérdida de materiales por daños mayores.	
			Amortiguamiento	La Zona de Amortiguamiento (ZA) para Radiación se encuentra a partir de los 5 kW/m ² hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m ² ; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil del Proyecto.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	A 300 psi se sufrirá la destrucción total de equipos sistemas y estructuras, ya que a este nivel de sobrepresión se pueden generar cráteres en la zona de la explosión. De 300 psi a 10 psi, se espera la destrucción de la infraestructura de proceso y servicios (tuberías, tanques, bombas, medidores, etc.), con valores de hasta \$50,000,000 USD. Con valores de sobrepresión de hasta 3 psi, la presión es suficiente para causar el colapso parcial de estructuras mecánicas y civiles, con pérdidas de hasta \$5,000,000 USD. Valores de hasta 1 psi, daños parciales en techos y muros por lo que los cuartos de control y edificios administrativos tienden a ser inhabitables por los daños generados.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, solo se causarán daños menores en estructuras civiles como, malformaciones menores en marcos de puertas y ventanas, en esta zona y a partir de los 0.5 psi, no existen daños en la infraestructura civil o mecánica de zonas industriales o habitacionales.	

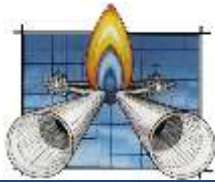
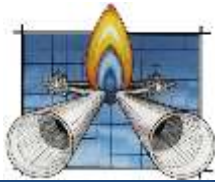


Tabla 10 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc3).

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
PHA-Esc3-CA-ER-Tipo01	Población/ Personal	Radiación	Alto Riesgo	El daño esperado en las personas dentro de las Zonas de Riesgo donde se alcanzan niveles de Radiación de hasta 40 kW/m ² , es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto, posterior a los 40 kW/m ² y hasta niveles de 25 kW/m ² solo se esperan lesiones significativas en las personas si se exponen a la radiación en 10 segundos. Posterior a los 25 kW/m ² y hasta niveles de 12.5 kW/m ² las afectaciones en seres humanos es que éstos presentarán quemaduras de primer grado en un tiempo de 40 segundos. A partir 12.5 kW/m ² y hasta niveles de 5 kW/m ² , es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 40 segundos y se presentarán quemaduras de primer grado, aunque es improbable la formación de ampollas, hasta este nivel es que se pueden causar afectaciones a las personas.	- Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. - Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. - TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. - Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. - Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. - Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. - Apoyo de los servicios de emergencia
			Amortiguamiento	A partir de los 5 kW/m ² m las personas pueden soportar la radiación con la vestimenta adecuada (vestimenta de civil) y por tiempos prolongados. A niveles de 1.4 kW/m ² , las afectaciones a las personas son nulas ya que es el nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	Valores máximos de sobrepresión y hasta 10 psi se esperan posibles fatalidades en personas expuestas directamente a las ondas de sobrepresión. De 10 psi y hasta 5 psi, se estaría en un rango de 1 al 90% de rotura de tímpanos en personas expuestas directamente a la explosión, sin causar mortalidades en las mismas.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, no existen daños en personas.	
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Energía mínima suficiente para encender la madera y vegetación con radiaciones que van desde 37.5 kW/m ² a 12.5 kW/m ² , por lo que sería suficiente para la generación de un incendio forestal. Con radiaciones que van de 12.5 kW/m ² 5.0 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
			Amortiguamiento	Radiaciones que van de 5.0 kW/m ² 1.4 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	La generación de una explosión no confinada conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, por las ondas de sobrepresión que estarían generando la posible caída de árboles y el desplazamiento de fauna, por la generación de ruido, sin embargo, son mínimas las afectaciones hacia el medio ambiente.	
			Amortiguamiento		
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	Las afectaciones en la infraestructura son muy significativas, ya que tanto el acero estructural como el hormigón armado tienen a perder su integridad física, además de que las estructuras de madera o vegetación en general tienen a verse afectadas por la autoignición de las mismas, ocasionando un incendio mayor. Además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero y civiles existentes, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m ² . De 40 kW/m ² hasta 25 kW/m ² . En esta zona se causarán daños a las instalaciones o instrumentación conformadas por acero delgado, tales como instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica,	

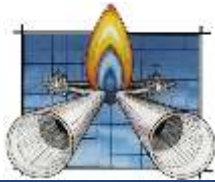


Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
				indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente). En el límite de la ZARDE que equivale a 12.5 kW/m ² , solo se causarán daños menores a los equipos y estructuras de acero. 12.5 kW/m ² y hasta los 5 kW/m ² que es el límite de la Zona de Alto Riesgo (ZA), los daños a equipos son mínimos y no se corre el riesgo de colapso de los mismo o pérdida de materiales por daños mayores.	correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. - Plan de Respuesta a Emergencias. - Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
			Amortiguamiento	La Zona de Amortiguamiento (ZA) para Radiación se encuentra a partir de los 5 kW/m ² hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m ² ; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil del Proyecto.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	A 300 psi se sufrirá la destrucción total de equipos sistemas y estructuras, ya que a este nivel de sobrepresión se pueden generar cráteres en la zona de la explosión. De 300 psi a 10 psi, se espera la destrucción de la infraestructura de proceso y servicios (tuberías, tanques, bombas, medidores, etc.), con valores de hasta \$50,000,000 USD. Con valores de sobrepresión de hasta 3 psi, la presión es suficiente para causar el colapso parcial de estructuras mecánicas y civiles, con pérdidas de hasta \$5,000,000 USD. Valores de hasta 1 psi, daños parciales en techos y muros por lo que los cuartos de control y edificios administrativos tienden a ser inhabitables por los daños generados.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, solo se causarán daños menores en estructuras civiles como, malformaciones menores en marcos de puertas y ventanas, en esta zona y a partir de los 0.5 psi, no existen daños en la infraestructura civil o mecánica de zonas industriales o habitacionales.	



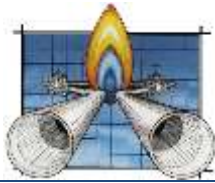
Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Tabla 11 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc4).

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
PHA-Esc4-PC-Dcto-3"AC	Población/ Personal	Radiación	Alto Riesgo	El daño esperado en las personas dentro de las Zonas de Riesgo donde se alcanzan niveles de Radiación de hasta 40 kW/m ² , es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto, posterior a los 40 kW/m ² y hasta niveles de 25 kW/m ² solo se esperan lesiones significativas en las personas si se exponen a la radiación en 10 segundos. Posterior a los 25 kW/m ² y hasta niveles de 12.5 kW/m ² las afectaciones en seres humanos es que éstos presentarán quemaduras de primer grado en un tiempo de 40 segundos. A partir 12.5 kW/m ² y hasta niveles de 5 kW/m ² , es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 40 segundos y se presentarán quemaduras de primer grado, aunque es improbable la formación de ampollas, hasta este nivel es que se pueden causar afectaciones a las personas.	- Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. - Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. - TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. - Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. - Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. - Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. - Apoyo de los servicios de emergencia
			Amortiguamiento	A partir de los 5 kW/m ² m las personas pueden soportar la radiación con la vestimenta adecuada (vestimenta de civil) y por tiempos prolongados. A niveles de 1.4 kW/m ² , las afectaciones a las personas son nulas ya que es el nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	Valores máximos de sobrepresión y hasta 10 psi se esperan posibles fatalidades en personas expuestas directamente a las ondas de sobrepresión. De 10 psi y hasta 5 psi, se estaría en un rango de 1 al 90% de rotura de tímpanos en personas expuestas directamente a la explosión, sin causar mortalidades en las mismas.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, no existen daños en personas.	
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Energía mínima suficiente para encender la madera y vegetación con radiaciones que van desde 37.5 kW/m ² a 12.5 kW/m ² , por lo que sería suficiente para la generación de un incendio forestal. Con radiaciones que van de 12.5 kW/m ² 5.0 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
			Amortiguamiento	Radiaciones que van de 5.0 kW/m ² 1.4 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	La generación de una explosión no confinada conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, por las ondas de sobrepresión que estarían generando la posible caída de árboles y el desplazamiento de fauna, por la generación de ruido, sin embargo, son mínimas las afectaciones hacia el medio ambiente.	
			Amortiguamiento		
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	Las afectaciones en la infraestructura son muy significativas, ya que tanto el acero estructural como el hormigón armado tienen a perder su integridad física, además de que las estructuras de madera o vegetación en general tienen a verse afectadas por la autoignición de las mismas, ocasionando un incendio mayor. Además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero y civiles existentes, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m ² . De 40 kW/m ² hasta 25 kW/m ² . En esta zona se causarán daños a las instalaciones o instrumentación conformadas por acero delgado, tales como instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica,	

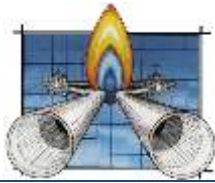


Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
				indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente). En el límite de la ZARDE que equivale a 12.5 kW/m ² , solo se causarán daños menores a los equipos y estructuras de acero. 12.5 kW/m ² y hasta los 5 kW/m ² que es el límite de la Zona de Alto Riesgo (ZA), los daños a equipos son mínimos y no se corre el riesgo de colapso de los mismo o pérdida de materiales por daños mayores.	correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. - Plan de Respuesta a Emergencias. - Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
			Amortiguamiento	La Zona de Amortiguamiento (ZA) para Radiación se encuentra a partir de los 5 kW/m ² hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m ² ; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil del Proyecto.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	A 300 psi se sufrirá la destrucción total de equipos sistemas y estructuras, ya que a este nivel de sobrepresión se pueden generar cráteres en la zona de la explosión. De 300 psi a 10 psi, se espera la destrucción de la infraestructura de proceso y servicios (tuberías, tanques, bombas, medidores, etc.), con valores de hasta \$50,000,000 USD. Con valores de sobrepresión de hasta 3 psi, la presión es suficiente para causar el colapso parcial de estructuras mecánicas y civiles, con pérdidas de hasta \$5,000,000 USD. Valores de hasta 1 psi, daños parciales en techos y muros por lo que los cuartos de control y edificios administrativos tienden a ser inhabitables por los daños generados.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, solo se causarán daños menores en estructuras civiles como, malformaciones menores en marcos de puertas y ventanas, en esta zona y a partir de los 0.5 psi, no existen daños en la infraestructura civil o mecánica de zonas industriales o habitacionales.	



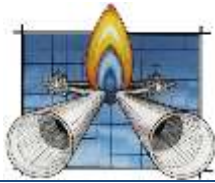
Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Tabla 12 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc5).

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
PHA-Esc5-CA-Dcto-3"AC	Población/ Personal	Radiación	Alto Riesgo	El daño esperado en las personas dentro de las Zonas de Riesgo donde se alcanzan niveles de Radiación de hasta 40 kW/m ² , es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto, posterior a los 40 kW/m ² y hasta niveles de 25 kW/m ² solo se esperan lesiones significativas en las personas si se exponen a la radiación en 10 segundos. Posterior a los 25 kW/m ² y hasta niveles de 12.5 kW/m ² las afectaciones en seres humanos es que éstos presentarán quemaduras de primer grado en un tiempo de 40 segundos. A partir 12.5 kW/m ² y hasta niveles de 5 kW/m ² , es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 40 segundos y se presentarán quemaduras de primer grado, aunque es improbable la formación de ampollas, hasta este nivel es que se pueden causar afectaciones a las personas.	- Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. - Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. - TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. - Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. - Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. - Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. - Apoyo de los servicios de emergencia
			Amortiguamiento	A partir de los 5 kW/m ² m las personas pueden soportar la radiación con la vestimenta adecuada (vestimenta de civil) y por tiempos prolongados. A niveles de 1.4 kW/m ² , las afectaciones a las personas son nulas ya que es el nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	Valores máximos de sobrepresión y hasta 10 psi se esperan posibles fatalidades en personas expuestas directamente a las ondas de sobrepresión. De 10 psi y hasta 5 psi, se estaría en un rango de 1 al 90% de rotura de tímpanos en personas expuestas directamente a la explosión, sin causar mortalidades en las mismas.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, no existen daños en personas.	
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Energía mínima suficiente para encender la madera y vegetación con radiaciones que van desde 37.5 kW/m ² a 12.5 kW/m ² , por lo que sería suficiente para la generación de un incendio forestal. Con radiaciones que van de 12.5 kW/m ² 5.0 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
			Amortiguamiento	Radiaciones que van de 5.0 kW/m ² 1.4 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	La generación de una explosión no confinada conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, por las ondas de sobrepresión que estarían generando la posible caída de árboles y el desplazamiento de fauna, por la generación de ruido, sin embargo, son mínimas las afectaciones hacia el medio ambiente.	
			Amortiguamiento		
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	Las afectaciones en la infraestructura son muy significativas, ya que tanto el acero estructural como el hormigón armado tienen a perder su integridad física, además de que las estructuras de madera o vegetación en general tienen a verse afectadas por la autoignición de las mismas, ocasionando un incendio mayor. Además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero y civiles existentes, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m ² . De 40 kW/m ² hasta 25 kW/m ² . En esta zona se causarán daños a las instalaciones o instrumentación conformadas por acero delgado, tales como instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica,	



Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
				indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente). En el límite de la ZARDE que equivale a 12.5 kW/m ² , solo se causarán daños menores a los equipos y estructuras de acero. 12.5 kW/m ² y hasta los 5 kW/m ² que es el límite de la Zona de Alto Riesgo (ZA), los daños a equipos son mínimos y no se corre el riesgo de colapso de los mismo o pérdida de materiales por daños mayores.	correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. - Plan de Respuesta a Emergencias. - Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
			Amortiguamiento	La Zona de Amortiguamiento (ZA) para Radiación se encuentra a partir de los 5 kW/m ² hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m ² ; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil del Proyecto.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	A 300 psi se sufrirá la destrucción total de equipos sistemas y estructuras, ya que a este nivel de sobrepresión se pueden generar cráteres en la zona de la explosión. De 300 psi a 10 psi, se espera la destrucción de la infraestructura de proceso y servicios (tuberías, tanques, bombas, medidores, etc.), con valores de hasta \$50,000,000 USD. Con valores de sobrepresión de hasta 3 psi, la presión es suficiente para causar el colapso parcial de estructuras mecánicas y civiles, con pérdidas de hasta \$5,000,000 USD. Valores de hasta 1 psi, daños parciales en techos y muros por lo que los cuartos de control y edificios administrativos tienden a ser inhabitables por los daños generados.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, solo se causarán daños menores en estructuras civiles como, malformaciones menores en marcos de puertas y ventanas, en esta zona y a partir de los 0.5 psi, no existen daños en la infraestructura civil o mecánica de zonas industriales o habitacionales.	

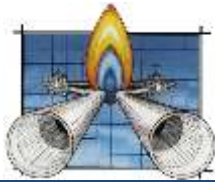
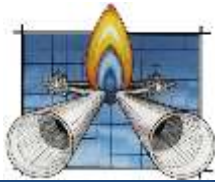


Tabla 13 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc6).

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
PHA-Esc6-PC-Dcto-8°PE	Población/ Personal	Radiación	Alto Riesgo	El daño esperado en las personas dentro de las Zonas de Riesgo donde se alcanzan niveles de Radiación de hasta 40 kW/m ² , es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto, posterior a los 40 kW/m ² y hasta niveles de 25 kW/m ² solo se esperan lesiones significativas en las personas si se exponen a la radiación en 10 segundos. Posterior a los 25 kW/m ² y hasta niveles de 12.5 kW/m ² las afectaciones en seres humanos es que éstos presentarán quemaduras de primer grado en un tiempo de 40 segundos. A partir 12.5 kW/m ² y hasta niveles de 5 kW/m ² , es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 40 segundos y se presentarán quemaduras de primer grado, aunque es improbable la formación de ampollas, hasta este nivel es que se pueden causar afectaciones a las personas.	- Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. - Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. - TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. - Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. - Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. - Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. - Apoyo de los servicios de emergencia
			Amortiguamiento	A partir de los 5 kW/m ² m las personas pueden soportar la radiación con la vestimenta adecuada (vestimenta de civil) y por tiempos prolongados. A niveles de 1.4 kW/m ² , las afectaciones a las personas son nulas ya que es el nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	Valores máximos de sobrepresión y hasta 10 psi se esperan posibles fatalidades en personas expuestas directamente a las ondas de sobrepresión. De 10 psi y hasta 5 psi, se estaría en un rango de 1 al 90% de rotura de tímpanos en personas expuestas directamente a la explosión, sin causar mortalidades en las mismas.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, no existen daños en personas.	
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Energía mínima suficiente para encender la madera y vegetación con radiaciones que van desde 37.5 kW/m ² a 12.5 kW/m ² , por lo que sería suficiente para la generación de un incendio forestal. Con radiaciones que van de 12.5 kW/m ² 5.0 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
			Amortiguamiento	Radiaciones que van de 5.0 kW/m ² 1.4 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	La generación de una explosión no confinada conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, por las ondas de sobrepresión que estarían generando la posible caída de árboles y el desplazamiento de fauna, por la generación de ruido, sin embargo, son mínimas las afectaciones hacia el medio ambiente.	
			Amortiguamiento		
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	Las afectaciones en la infraestructura son muy significativas, ya que tanto el acero estructural como el hormigón armado tienen a perder su integridad física, además de que las estructuras de madera o vegetación en general tienen a verse afectadas por la autoignición de las mismas, ocasionando un incendio mayor. Además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero y civiles existentes, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m ² . De 40 kW/m ² hasta 25 kW/m ² . En esta zona se causarán daños a las instalaciones o instrumentación conformadas por acero delgado, tales como instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica,	



Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
				indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente). En el límite de la ZARDE que equivale a 12.5 kW/m ² , solo se causarán daños menores a los equipos y estructuras de acero. 12.5 kW/m ² y hasta los 5 kW/m ² que es el límite de la Zona de Alto Riesgo (ZA), los daños a equipos son mínimos y no se corre el riesgo de colapso de los mismo o pérdida de materiales por daños mayores.	- correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. - Plan de Respuesta a Emergencias. - Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
			Amortiguamiento	La Zona de Amortiguamiento (ZA) para Radiación se encuentra a partir de los 5 kW/m ² hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m ² ; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil del Proyecto.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	A 300 psi se sufrirá la destrucción total de equipos sistemas y estructuras, ya que a este nivel de sobrepresión se pueden generar cráteres en la zona de la explosión. De 300 psi a 10 psi, se espera la destrucción de la infraestructura de proceso y servicios (tuberías, tanques, bombas, medidores, etc.), con valores de hasta \$50,000,000 USD. Con valores de sobrepresión de hasta 3 psi, la presión es suficiente para causar el colapso parcial de estructuras mecánicas y civiles, con pérdidas de hasta \$5,000,000 USD. Valores de hasta 1 psi, daños parciales en techos y muros por lo que los cuartos de control y edificios administrativos tienden a ser inhabitables por los daños generados.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, solo se causarán daños menores en estructuras civiles como, malformaciones menores en marcos de puertas y ventanas, en esta zona y a partir de los 0.5 psi, no existen daños en la infraestructura civil o mecánica de zonas industriales o habitacionales.	



Estudio de Riesgo (ER)

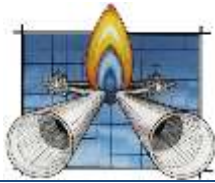
“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Tabla 14 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc7).

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
PHA-Esc7-CA- Dcto-8°PE	Población/ Personal	Radiación	Alto Riesgo	El daño esperado en las personas dentro de las Zonas de Riesgo donde se alcanzan niveles de Radiación de hasta 40 kW/m ² , es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto, posterior a los 40 kW/m ² y hasta niveles de 25 kW/m ² solo se esperan lesiones significativas en las personas si se exponen a la radiación en 10 segundos. Posterior a los 25 kW/m ² y hasta niveles de 12.5 kW/m ² las afectaciones en seres humanos es que éstos presentarán quemaduras de primer grado en un tiempo de 40 segundos. A partir 12.5 kW/m ² y hasta niveles de 5 kW/m ² , es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 40 segundos y se presentarán quemaduras de primer grado, aunque es improbable la formación de ampollas, hasta este nivel es que se pueden causar afectaciones a las personas.	- Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. - Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. - TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. - Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. - Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. - Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. - Apoyo de los servicios de emergencia
			Amortiguamiento	A partir de los 5 kW/m ² m las personas pueden soportar la radiación con la vestimenta adecuada (vestimenta de civil) y por tiempos prolongados. A niveles de 1.4 kW/m ² , las afectaciones a las personas son nulas ya que es el nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	Valores máximos de sobrepresión y hasta 10 psi se esperan posibles fatalidades en personas expuestas directamente a las ondas de sobrepresión. De 10 psi y hasta 5 psi, se estaría en un rango de 1 al 90% de rotura de tímpanos en personas expuestas directamente a la explosión, sin causar mortalidades en las mismas.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, no existen daños en personas.	
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Energía mínima suficiente para encender la madera y vegetación con radiaciones que van desde 37.5 kW/m ² a 12.5 kW/m ² , por lo que sería suficiente para la generación de un incendio forestal. Con radiaciones que van de 12.5 kW/m ² 5.0 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
			Amortiguamiento	Radiaciones que van de 5.0 kW/m ² 1.4 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	La generación de una explosión no confinada conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, por las ondas de sobrepresión que estarían generando la posible caída de árboles y el desplazamiento de fauna, por la generación de ruido, sin embargo, son mínimas las afectaciones hacia el medio ambiente.	
			Amortiguamiento		
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	Las afectaciones en la infraestructura son muy significativas, ya que tanto el acero estructural como el hormigón armado tienen a perder su integridad física, además de que las estructuras de madera o vegetación en general tienen a verse afectadas por la autoignición de las mismas, ocasionando un incendio mayor. Además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero y civiles existentes, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m ² . De 40 kW/m ² hasta 25 kW/m ² . En esta zona se causarán daños a las instalaciones o instrumentación conformadas por acero delgado, tales como instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica,	



Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
				indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente). En el límite de la ZARDE que equivale a 12.5 kW/m ² , solo se causarán daños menores a los equipos y estructuras de acero. 12.5 kW/m ² y hasta los 5 kW/m ² que es el límite de la Zona de Alto Riesgo (ZA), los daños a equipos son mínimos y no se corre el riesgo de colapso de los mismo o pérdida de materiales por daños mayores.	correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. - Plan de Respuesta a Emergencias. - Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
			Amortiguamiento	La Zona de Amortiguamiento (ZA) para Radiación se encuentra a partir de los 5 kW/m ² hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m ² ; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil del Proyecto.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	A 300 psi se sufrirá la destrucción total de equipos sistemas y estructuras, ya que a este nivel de sobrepresión se pueden generar cráteres en la zona de la explosión. De 300 psi a 10 psi, se espera la destrucción de la infraestructura de proceso y servicios (tuberías, tanques, bombas, medidores, etc.), con valores de hasta \$50,000,000 USD. Con valores de sobrepresión de hasta 3 psi, la presión es suficiente para causar el colapso parcial de estructuras mecánicas y civiles, con pérdidas de hasta \$5,000,000 USD. Valores de hasta 1 psi, daños parciales en techos y muros por lo que los cuartos de control y edificios administrativos tienden a ser inhabitables por los daños generados.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, solo se causarán daños menores en estructuras civiles como, malformaciones menores en marcos de puertas y ventanas, en esta zona y a partir de los 0.5 psi, no existen daños en la infraestructura civil o mecánica de zonas industriales o habitacionales.	

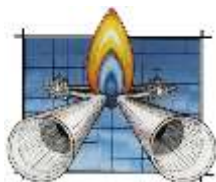
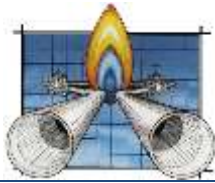


Tabla 15 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc8).

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
PHA-Esc8-PC-Dcto-6"PE	Población/ Personal	Radiación	Alto Riesgo	El daño esperado en las personas dentro de las Zonas de Riesgo donde se alcanzan niveles de Radiación de hasta 40 kW/m ² , es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto, posterior a los 40 kW/m ² y hasta niveles de 25 kW/m ² solo se esperan lesiones significativas en las personas si se exponen a la radiación en 10 segundos. Posterior a los 25 kW/m ² y hasta niveles de 12.5 kW/m ² las afectaciones en seres humanos es que éstos presentarán quemaduras de primer grado en un tiempo de 40 segundos. A partir 12.5 kW/m ² y hasta niveles de 5 kW/m ² , es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 40 segundos y se presentarán quemaduras de primer grado, aunque es improbable la formación de ampollas, hasta este nivel es que se pueden causar afectaciones a las personas.	- Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. - Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. - TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. - Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. - Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. - Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. - Apoyo de los servicios de emergencia
			Amortiguamiento	A partir de los 5 kW/m ² m las personas pueden soportar la radiación con la vestimenta adecuada (vestimenta de civil) y por tiempos prolongados. A niveles de 1.4 kW/m ² , las afectaciones a las personas son nulas ya que es el nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	Valores máximos de sobrepresión y hasta 10 psi se esperan posibles fatalidades en personas expuestas directamente a las ondas de sobrepresión. De 10 psi y hasta 5 psi, se estaría en un rango de 1 al 90% de rotura de tímpanos en personas expuestas directamente a la explosión, sin causar mortalidades en las mismas.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, no existen daños en personas.	
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Energía mínima suficiente para encender la madera y vegetación con radiaciones que van desde 37.5 kW/m ² a 12.5 kW/m ² , por lo que sería suficiente para la generación de un incendio forestal. Con radiaciones que van de 12.5 kW/m ² 5.0 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
			Amortiguamiento	Radiaciones que van de 5.0 kW/m ² 1.4 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	La generación de una explosión no confinada conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, por las ondas de sobrepresión que estarían generando la posible caída de árboles y el desplazamiento de fauna, por la generación de ruido, sin embargo, son mínimas las afectaciones hacia el medio ambiente.	
			Amortiguamiento		
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	Las afectaciones en la infraestructura son muy significativas, ya que tanto el acero estructural como el hormigón armado tienen a perder su integridad física, además de que las estructuras de madera o vegetación en general tienen a verse afectadas por la autoignición de las mismas, ocasionando un incendio mayor. Además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero y civiles existentes, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m ² . De 40 kW/m ² hasta 25 kW/m ² . En esta zona se causarán daños a las instalaciones o instrumentación conformadas por acero delgado, tales como instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica,	



Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
				indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente). En el límite de la ZARDE que equivale a 12.5 kW/m ² , solo se causarán daños menores a los equipos y estructuras de acero. 12.5 kW/m ² y hasta los 5 kW/m ² que es el límite de la Zona de Alto Riesgo (ZA), los daños a equipos son mínimos y no se corre el riesgo de colapso de los mismo o pérdida de materiales por daños mayores.	correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. - Plan de Respuesta a Emergencias. - Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
			Amortiguamiento	La Zona de Amortiguamiento (ZA) para Radiación se encuentra a partir de los 5 kW/m ² hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m ² ; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil del Proyecto.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	A 300 psi se sufrirá la destrucción total de equipos sistemas y estructuras, ya que a este nivel de sobrepresión se pueden generar cráteres en la zona de la explosión. De 300 psi a 10 psi, se espera la destrucción de la infraestructura de proceso y servicios (tuberías, tanques, bombas, medidores, etc.), con valores de hasta \$50,000,000 USD. Con valores de sobrepresión de hasta 3 psi, la presión es suficiente para causar el colapso parcial de estructuras mecánicas y civiles, con pérdidas de hasta \$5,000,000 USD. Valores de hasta 1 psi, daños parciales en techos y muros por lo que los cuartos de control y edificios administrativos tienden a ser inhabitables por los daños generados.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, solo se causarán daños menores en estructuras civiles como, malformaciones menores en marcos de puertas y ventanas, en esta zona y a partir de los 0.5 psi, no existen daños en la infraestructura civil o mecánica de zonas industriales o habitacionales.	

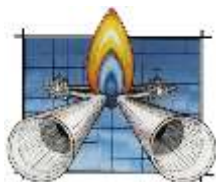
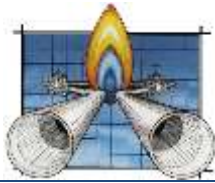


Tabla 16 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc9).

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
PHA-Esc9-CA-Dcto-6"PE	Población/ Personal	Radiación	Alto Riesgo	El daño esperado en las personas dentro de las Zonas de Riesgo donde se alcanzan niveles de Radiación de hasta 40 kW/m ² , es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto, posterior a los 40 kW/m ² y hasta niveles de 25 kW/m ² solo se esperan lesiones significativas en las personas si se exponen a la radiación en 10 segundos. Posterior a los 25 kW/m ² y hasta niveles de 12.5 kW/m ² las afectaciones en seres humanos es que éstos presentarán quemaduras de primer grado en un tiempo de 40 segundos. A partir 12.5 kW/m ² y hasta niveles de 5 kW/m ² , es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 40 segundos y se presentarán quemaduras de primer grado, aunque es improbable la formación de ampollas, hasta este nivel es que se pueden causar afectaciones a las personas.	- Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. - Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. - TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. - Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. - Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. - Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. - Apoyo de los servicios de emergencia
			Amortiguamiento	A partir de los 5 kW/m ² m las personas pueden soportar la radiación con la vestimenta adecuada (vestimenta de civil) y por tiempos prolongados. A niveles de 1.4 kW/m ² , las afectaciones a las personas son nulas ya que es el nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	Valores máximos de sobrepresión y hasta 10 psi se esperan posibles fatalidades en personas expuestas directamente a las ondas de sobrepresión. De 10 psi y hasta 5 psi, se estaría en un rango de 1 al 90% de rotura de tímpanos en personas expuestas directamente a la explosión, sin causar mortalidades en las mismas.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, no existen daños en personas.	
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Energía mínima suficiente para encender la madera y vegetación con radiaciones que van desde 37.5 kW/m ² a 12.5 kW/m ² , por lo que sería suficiente para la generación de un incendio forestal. Con radiaciones que van de 12.5 kW/m ² 5.0 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
			Amortiguamiento	Radiaciones que van de 5.0 kW/m ² 1.4 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	La generación de una explosión no confinada conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, por las ondas de sobrepresión que estarían generando la posible caída de árboles y el desplazamiento de fauna, por la generación de ruido, sin embargo, son mínimas las afectaciones hacia el medio ambiente.	
			Amortiguamiento		
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	Las afectaciones en la infraestructura son muy significativas, ya que tanto el acero estructural como el hormigón armado tienen a perder su integridad física, además de que las estructuras de madera o vegetación en general tienen a verse afectadas por la autoignición de las mismas, ocasionando un incendio mayor. Además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero y civiles existentes, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m ² . De 40 kW/m ² hasta 25 kW/m ² . En esta zona se causarán daños a las instalaciones o instrumentación conformadas por acero delgado, tales como instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica,	

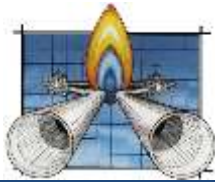


Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
				indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente). En el límite de la ZARDE que equivale a 12.5 kW/m ² , solo se causarán daños menores a los equipos y estructuras de acero. 12.5 kW/m ² y hasta los 5 kW/m ² que es el límite de la Zona de Alto Riesgo (ZA), los daños a equipos son mínimos y no se corre el riesgo de colapso de los mismo o pérdida de materiales por daños mayores.	correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. - Plan de Respuesta a Emergencias. - Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
			Amortiguamiento	La Zona de Amortiguamiento (ZA) para Radiación se encuentra a partir de los 5 kW/m ² hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m ² ; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil del Proyecto.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	A 300 psi se sufrirá la destrucción total de equipos sistemas y estructuras, ya que a este nivel de sobrepresión se pueden generar cráteres en la zona de la explosión. De 300 psi a 10 psi, se espera la destrucción de la infraestructura de proceso y servicios (tuberías, tanques, bombas, medidores, etc.), con valores de hasta \$50,000,000 USD. Con valores de sobrepresión de hasta 3 psi, la presión es suficiente para causar el colapso parcial de estructuras mecánicas y civiles, con pérdidas de hasta \$5,000,000 USD. Valores de hasta 1 psi, daños parciales en techos y muros por lo que los cuartos de control y edificios administrativos tienden a ser inhabitables por los daños generados.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, solo se causarán daños menores en estructuras civiles como, malformaciones menores en marcos de puertas y ventanas, en esta zona y a partir de los 0.5 psi, no existen daños en la infraestructura civil o mecánica de zonas industriales o habitacionales.	



Estudio de Riesgo (ER)

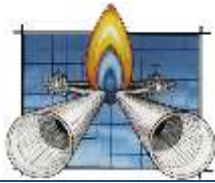
“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Tabla 17 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc10).

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
PHA-Esc10-PC-Dcto-4"PE	Población/ Personal	Radiación	Alto Riesgo	El daño esperado en las personas dentro de las Zonas de Riesgo donde se alcanzan niveles de Radiación de hasta 40 kW/m ² , es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto, posterior a los 40 kW/m ² y hasta niveles de 25 kW/m ² solo se esperan lesiones significativas en las personas si se exponen a la radiación en 10 segundos. Posterior a los 25 kW/m ² y hasta niveles de 12.5 kW/m ² las afectaciones en seres humanos es que éstos presentarán quemaduras de primer grado en un tiempo de 40 segundos. A partir 12.5 kW/m ² y hasta niveles de 5 kW/m ² , es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 40 segundos y se presentarán quemaduras de primer grado, aunque es improbable la formación de ampollas, hasta este nivel es que se pueden causar afectaciones a las personas.	- Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. - Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. - TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. - Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. - Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. - Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. - Apoyo de los servicios de emergencia
			Amortiguamiento	A partir de los 5 kW/m ² m las personas pueden soportar la radiación con la vestimenta adecuada (vestimenta de civil) y por tiempos prolongados. A niveles de 1.4 kW/m ² , las afectaciones a las personas son nulas ya que es el nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	Valores máximos de sobrepresión y hasta 10 psi se esperan posibles fatalidades en personas expuestas directamente a las ondas de sobrepresión. De 10 psi y hasta 5 psi, se estaría en un rango de 1 al 90% de rotura de tímpanos en personas expuestas directamente a la explosión, sin causar mortalidades en las mismas.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, no existen daños en personas.	
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Energía mínima suficiente para encender la madera y vegetación con radiaciones que van desde 37.5 kW/m ² a 12.5 kW/m ² , por lo que sería suficiente para la generación de un incendio forestal. Con radiaciones que van de 12.5 kW/m ² 5.0 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
			Amortiguamiento	Radiaciones que van de 5.0 kW/m ² 1.4 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	La generación de una explosión no confinada conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, por las ondas de sobrepresión que estarían generando la posible caída de árboles y el desplazamiento de fauna, por la generación de ruido, sin embargo, son mínimas las afectaciones hacia el medio ambiente.	
			Amortiguamiento		
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	Las afectaciones en la infraestructura son muy significativas, ya que tanto el acero estructural como el hormigón armado tienen a perder su integridad física, además de que las estructuras de madera o vegetación en general tienen a verse afectadas por la autoignición de las mismas, ocasionando un incendio mayor. Además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero y civiles existentes, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m ² . De 40 kW/m ² hasta 25 kW/m ² . En esta zona se causarán daños a las instalaciones o instrumentación conformadas por acero delgado, tales como instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica,	



Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
				indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente). En el límite de la ZARDE que equivale a 12.5 kW/m ² , solo se causarán daños menores a los equipos y estructuras de acero. 12.5 kW/m ² y hasta los 5 kW/m ² que es el límite de la Zona de Alto Riesgo (ZA), los daños a equipos son mínimos y no se corre el riesgo de colapso de los mismo o pérdida de materiales por daños mayores.	correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. - Plan de Respuesta a Emergencias. - Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
			Amortiguamiento	La Zona de Amortiguamiento (ZA) para Radiación se encuentra a partir de los 5 kW/m ² hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m ² ; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil del Proyecto.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	A 300 psi se sufrirá la destrucción total de equipos sistemas y estructuras, ya que a este nivel de sobrepresión se pueden generar cráteres en la zona de la explosión. De 300 psi a 10 psi, se espera la destrucción de la infraestructura de proceso y servicios (tuberías, tanques, bombas, medidores, etc.), con valores de hasta \$50,000,000 USD. Con valores de sobrepresión de hasta 3 psi, la presión es suficiente para causar el colapso parcial de estructuras mecánicas y civiles, con pérdidas de hasta \$5,000,000 USD. Valores de hasta 1 psi, daños parciales en techos y muros por lo que los cuartos de control y edificios administrativos tienden a ser inhabitables por los daños generados.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, solo se causarán daños menores en estructuras civiles como, malformaciones menores en marcos de puertas y ventanas, en esta zona y a partir de los 0.5 psi, no existen daños en la infraestructura civil o mecánica de zonas industriales o habitacionales.	



Estudio de Riesgo (ER)

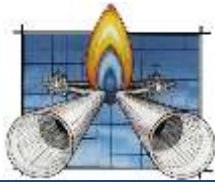
“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Tabla 18 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc11).

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
PHA-Esc11-CA-Dcto-4"PE	Población/ Personal	Radiación	Alto Riesgo	El daño esperado en las personas dentro de las Zonas de Riesgo donde se alcanzan niveles de Radiación de hasta 40 kW/m ² , es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto, posterior a los 40 kW/m ² y hasta niveles de 25 kW/m ² solo se esperan lesiones significativas en las personas si se exponen a la radiación en 10 segundos. Posterior a los 25 kW/m ² y hasta niveles de 12.5 kW/m ² las afectaciones en seres humanos es que éstos presentarán quemaduras de primer grado en un tiempo de 40 segundos. A partir 12.5 kW/m ² y hasta niveles de 5 kW/m ² , es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 40 segundos y se presentarán quemaduras de primer grado, aunque es improbable la formación de ampollas, hasta este nivel es que se pueden causar afectaciones a las personas.	- Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. - Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. - TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. - Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. - Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. - Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. - Apoyo de los servicios de emergencia
			Amortiguamiento	A partir de los 5 kW/m ² m las personas pueden soportar la radiación con la vestimenta adecuada (vestimenta de civil) y por tiempos prolongados. A niveles de 1.4 kW/m ² , las afectaciones a las personas son nulas ya que es el nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	Valores máximos de sobrepresión y hasta 10 psi se esperan posibles fatalidades en personas expuestas directamente a las ondas de sobrepresión. De 10 psi y hasta 5 psi, se estaría en un rango de 1 al 90% de rotura de tímpanos en personas expuestas directamente a la explosión, sin causar mortalidades en las mismas.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, no existen daños en personas.	
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Energía mínima suficiente para encender la madera y vegetación con radiaciones que van desde 37.5 kW/m ² a 12.5 kW/m ² , por lo que sería suficiente para la generación de un incendio forestal. Con radiaciones que van de 12.5 kW/m ² 5.0 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
			Amortiguamiento	Radiaciones que van de 5.0 kW/m ² 1.4 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	La generación de una explosión no confinada conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, por las ondas de sobrepresión que estarían generando la posible caída de árboles y el desplazamiento de fauna, por la generación de ruido, sin embargo, son mínimas las afectaciones hacia el medio ambiente.	
			Amortiguamiento		
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	Las afectaciones en la infraestructura son muy significativas, ya que tanto el acero estructural como el hormigón armado tienen a perder su integridad física, además de que las estructuras de madera o vegetación en general tienen a verse afectadas por la autoignición de las mismas, ocasionando un incendio mayor. Además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero y civiles existentes, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m ² . De 40 kW/m ² hasta 25 kW/m ² . En esta zona se causarán daños a las instalaciones o instrumentación conformadas por acero delgado, tales como instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica,	

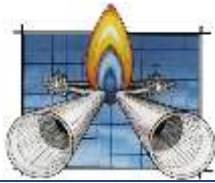


Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
				indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente). En el límite de la ZARDE que equivale a 12.5 kW/m ² , solo se causarán daños menores a los equipos y estructuras de acero. 12.5 kW/m ² y hasta los 5 kW/m ² que es el límite de la Zona de Alto Riesgo (ZA), los daños a equipos son mínimos y no se corre el riesgo de colapso de los mismo o pérdida de materiales por daños mayores.	correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. - Plan de Respuesta a Emergencias. - Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
			Amortiguamiento	La Zona de Amortiguamiento (ZA) para Radiación se encuentra a partir de los 5 kW/m ² hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m ² ; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil del Proyecto.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	A 300 psi se sufrirá la destrucción total de equipos sistemas y estructuras, ya que a este nivel de sobrepresión se pueden generar cráteres en la zona de la explosión. De 300 psi a 10 psi, se espera la destrucción de la infraestructura de proceso y servicios (tuberías, tanques, bombas, medidores, etc.), con valores de hasta \$50,000,000 USD. Con valores de sobrepresión de hasta 3 psi, la presión es suficiente para causar el colapso parcial de estructuras mecánicas y civiles, con pérdidas de hasta \$5,000,000 USD. Valores de hasta 1 psi, daños parciales en techos y muros por lo que los cuartos de control y edificios administrativos tienden a ser inhabitables por los daños generados.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, solo se causarán daños menores en estructuras civiles como, malformaciones menores en marcos de puertas y ventanas, en esta zona y a partir de los 0.5 psi, no existen daños en la infraestructura civil o mecánica de zonas industriales o habitacionales.	



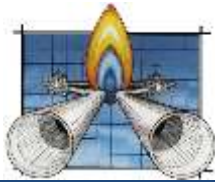
Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Tabla 19 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc12).

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
PHA-Esc12-PC-Dcto-3"PE	Población/ Personal	Radiación	Alto Riesgo	El daño esperado en las personas dentro de las Zonas de Riesgo donde se alcanzan niveles de Radiación de hasta 40 kW/m ² , es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto, posterior a los 40 kW/m ² y hasta niveles de 25 kW/m ² solo se esperan lesiones significativas en las personas si se exponen a la radiación en 10 segundos. Posterior a los 25 kW/m ² y hasta niveles de 12.5 kW/m ² las afectaciones en seres humanos es que éstos presentarán quemaduras de primer grado en un tiempo de 40 segundos. A partir 12.5 kW/m ² y hasta niveles de 5 kW/m ² , es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 40 segundos y se presentarán quemaduras de primer grado, aunque es improbable la formación de ampollas, hasta este nivel es que se pueden causar afectaciones a las personas.	- Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. - Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. - TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. - Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. - Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. - Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. - Apoyo de los servicios de emergencia
			Amortiguamiento	A partir de los 5 kW/m ² m las personas pueden soportar la radiación con la vestimenta adecuada (vestimenta de civil) y por tiempos prolongados. A niveles de 1.4 kW/m ² , las afectaciones a las personas son nulas ya que es el nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	Valores máximos de sobrepresión y hasta 10 psi se esperan posibles fatalidades en personas expuestas directamente a las ondas de sobrepresión. De 10 psi y hasta 5 psi, se estaría en un rango de 1 al 90% de rotura de tímpanos en personas expuestas directamente a la explosión, sin causar mortalidades en las mismas.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, no existen daños en personas.	
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Energía mínima suficiente para encender la madera y vegetación con radiaciones que van desde 37.5 kW/m ² a 12.5 kW/m ² , por lo que sería suficiente para la generación de un incendio forestal. Con radiaciones que van de 12.5 kW/m ² 5.0 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
			Amortiguamiento	Radiaciones que van de 5.0 kW/m ² 1.4 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	La generación de una explosión no confinada conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, por las ondas de sobrepresión que estarían generando la posible caída de árboles y el desplazamiento de fauna, por la generación de ruido, sin embargo, son mínimas las afectaciones hacia el medio ambiente.	
			Amortiguamiento		
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	Las afectaciones en la infraestructura son muy significativas, ya que tanto el acero estructural como el hormigón armado tienen a perder su integridad física, además de que las estructuras de madera o vegetación en general tienen a verse afectadas por la autoignición de las mismas, ocasionando un incendio mayor. Además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero y civiles existentes, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m ² . De 40 kW/m ² hasta 25 kW/m ² . En esta zona se causarán daños a las instalaciones o instrumentación conformadas por acero delgado, tales como instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica,	

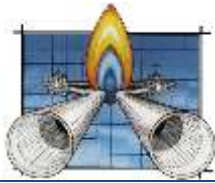


Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
				indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente). En el límite de la ZARDE que equivale a 12.5 kW/m ² , solo se causarán daños menores a los equipos y estructuras de acero. 12.5 kW/m ² y hasta los 5 kW/m ² que es el límite de la Zona de Alto Riesgo (ZA), los daños a equipos son mínimos y no se corre el riesgo de colapso de los mismo o pérdida de materiales por daños mayores.	correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. - Plan de Respuesta a Emergencias. - Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
			Amortiguamiento	La Zona de Amortiguamiento (ZA) para Radiación se encuentra a partir de los 5 kW/m ² hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m ² ; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil del Proyecto.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	A 300 psi se sufrirá la destrucción total de equipos sistemas y estructuras, ya que a este nivel de sobrepresión se pueden generar cráteres en la zona de la explosión. De 300 psi a 10 psi, se espera la destrucción de la infraestructura de proceso y servicios (tuberías, tanques, bombas, medidores, etc.), con valores de hasta \$50,000,000 USD. Con valores de sobrepresión de hasta 3 psi, la presión es suficiente para causar el colapso parcial de estructuras mecánicas y civiles, con pérdidas de hasta \$5,000,000 USD. Valores de hasta 1 psi, daños parciales en techos y muros por lo que los cuartos de control y edificios administrativos tienden a ser inhabitables por los daños generados.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, solo se causarán daños menores en estructuras civiles como, malformaciones menores en marcos de puertas y ventanas, en esta zona y a partir de los 0.5 psi, no existen daños en la infraestructura civil o mecánica de zonas industriales o habitacionales.	



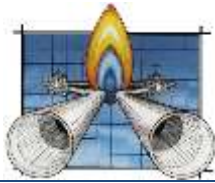
Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Tabla 20 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc13).

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
PHA-Esc13-CA-Dcto-3"PE	Población/ Personal	Radiación	Alto Riesgo	El daño esperado en las personas dentro de las Zonas de Riesgo donde se alcanzan niveles de Radiación de hasta 40 kW/m ² , es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto, posterior a los 40 kW/m ² y hasta niveles de 25 kW/m ² solo se esperan lesiones significativas en las personas si se exponen a la radiación en 10 segundos. Posterior a los 25 kW/m ² y hasta niveles de 12.5 kW/m ² las afectaciones en seres humanos es que éstos presentarán quemaduras de primer grado en un tiempo de 40 segundos. A partir 12.5 kW/m ² y hasta niveles de 5 kW/m ² , es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 40 segundos y se presentarán quemaduras de primer grado, aunque es improbable la formación de ampollas, hasta este nivel es que se pueden causar afectaciones a las personas.	- Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. - Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. - TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. - Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. - Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. - Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. - Apoyo de los servicios de emergencia
			Amortiguamiento	A partir de los 5 kW/m ² m las personas pueden soportar la radiación con la vestimenta adecuada (vestimenta de civil) y por tiempos prolongados. A niveles de 1.4 kW/m ² , las afectaciones a las personas son nulas ya que es el nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	Valores máximos de sobrepresión y hasta 10 psi se esperan posibles fatalidades en personas expuestas directamente a las ondas de sobrepresión. De 10 psi y hasta 5 psi, se estaría en un rango de 1 al 90% de rotura de tímpanos en personas expuestas directamente a la explosión, sin causar mortalidades en las mismas.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, no existen daños en personas.	
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Energía mínima suficiente para encender la madera y vegetación con radiaciones que van desde 37.5 kW/m ² a 12.5 kW/m ² , por lo que sería suficiente para la generación de un incendio forestal. Con radiaciones que van de 12.5 kW/m ² 5.0 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
			Amortiguamiento	Radiaciones que van de 5.0 kW/m ² 1.4 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	La generación de una explosión no confinada conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, por las ondas de sobrepresión que estarían generando la posible caída de arboles y el desplazamiento de fauna, por la generación de ruido, sin embargo, son mínimas las afectaciones hacia el medio ambiente.	
			Amortiguamiento		
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	Las afectaciones en la infraestructura son muy significativas, ya que tanto el acero estructural como el hormigón armado tienen a perder su integridad física, además de que las estructuras de madera o vegetación en general tienen a verse afectadas por la autoignición de las mismas, ocasionando un incendio mayor. Además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero y civiles existentes, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m ² . De 40 kW/m ² hasta 25 kW/m ² . En esta zona se causarán daños a las instalaciones o instrumentación conformadas por acero delgado, tales como instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica,	

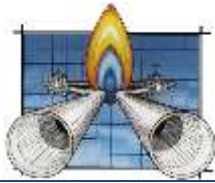


Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
				indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente). En el límite de la ZARDE que equivale a 12.5 kW/m ² , solo se causarán daños menores a los equipos y estructuras de acero. 12.5 kW/m ² y hasta los 5 kW/m ² que es el límite de la Zona de Alto Riesgo (ZA), los daños a equipos son mínimos y no se corre el riesgo de colapso de los mismo o pérdida de materiales por daños mayores.	correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. - Plan de Respuesta a Emergencias. - Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
			Amortiguamiento	La Zona de Amortiguamiento (ZA) para Radiación se encuentra a partir de los 5 kW/m ² hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m ² ; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil del Proyecto.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	A 300 psi se sufrirá la destrucción total de equipos sistemas y estructuras, ya que a este nivel de sobrepresión se pueden generar cráteres en la zona de la explosión. De 300 psi a 10 psi, se espera la destrucción de la infraestructura de proceso y servicios (tuberías, tanques, bombas, medidores, etc.), con valores de hasta \$50,000,000 USD. Con valores de sobrepresión de hasta 3 psi, la presión es suficiente para causar el colapso parcial de estructuras mecánicas y civiles, con pérdidas de hasta \$5,000,000 USD. Valores de hasta 1 psi, daños parciales en techos y muros por lo que los cuartos de control y edificios administrativos tienden a ser inhabitables por los daños generados.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, solo se causarán daños menores en estructuras civiles como, malformaciones menores en marcos de puertas y ventanas, en esta zona y a partir de los 0.5 psi, no existen daños en la infraestructura civil o mecánica de zonas industriales o habitacionales.	



Estudio de Riesgo (ER)

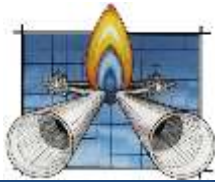
“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Tabla 21 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc14).

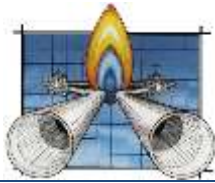
Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
PHA-Esc14-PC-Dcto-2"PE	Población/ Personal	Radiación	Alto Riesgo	El daño esperado en las personas dentro de las Zonas de Riesgo donde se alcanzan niveles de Radiación de hasta 40 kW/m ² , es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto, posterior a los 40 kW/m ² y hasta niveles de 25 kW/m ² solo se esperan lesiones significativas en las personas si se exponen a la radiación en 10 segundos. Posterior a los 25 kW/m ² y hasta niveles de 12.5 kW/m ² las afectaciones en seres humanos es que éstos presentarán quemaduras de primer grado en un tiempo de 40 segundos. A partir 12.5 kW/m ² y hasta niveles de 5 kW/m ² , es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 40 segundos y se presentarán quemaduras de primer grado, aunque es improbable la formación de ampollas, hasta este nivel es que se pueden causar afectaciones a las personas.	- Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. - Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. - TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. - Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. - Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. - Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. - Apoyo de los servicios de emergencia
			Amortiguamiento	A partir de los 5 kW/m ² m las personas pueden soportar la radiación con la vestimenta adecuada (vestimenta de civil) y por tiempos prolongados. A niveles de 1.4 kW/m ² , las afectaciones a las personas son nulas ya que es el nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	Valores máximos de sobrepresión y hasta 10 psi se esperan posibles fatalidades en personas expuestas directamente a las ondas de sobrepresión. De 10 psi y hasta 5 psi, se estaría en un rango de 1 al 90% de rotura de tímpanos en personas expuestas directamente a la explosión, sin causar mortalidades en las mismas.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, no existen daños en personas.	
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Energía mínima suficiente para encender la madera y vegetación con radiaciones que van desde 37.5 kW/m ² a 12.5 kW/m ² , por lo que sería suficiente para la generación de un incendio forestal. Con radiaciones que van de 12.5 kW/m ² 5.0 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
			Amortiguamiento	Radiaciones que van de 5.0 kW/m ² 1.4 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	La generación de una explosión no confinada conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, por las ondas de sobrepresión que estarían generando la posible caída de árboles y el desplazamiento de fauna, por la generación de ruido, sin embargo, son mínimas las afectaciones hacia el medio ambiente.	
			Amortiguamiento		
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	Las afectaciones en la infraestructura son muy significativas, ya que tanto el acero estructural como el hormigón armado tienen a perder su integridad física, además de que las estructuras de madera o vegetación en general tienen a verse afectadas por la autoignición de las mismas, ocasionando un incendio mayor. Además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero y civiles existentes, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m ² . De 40 kW/m ² hasta 25 kW/m ² . En esta zona se causarán daños a las instalaciones o instrumentación conformadas por acero delgado, tales como instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica,	



Estudio de Riesgo (ER)
“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”
 Estado de Morelos.

IV

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
				indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente). En el límite de la ZARDE que equivale a 12.5 kW/m ² , solo se causarán daños menores a los equipos y estructuras de acero. 12.5 kW/m ² y hasta los 5 kW/m ² que es el límite de la Zona de Alto Riesgo (ZA), los daños a equipos son mínimos y no se corre el riesgo de colapso de los mismo o pérdida de materiales por daños mayores.	correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. - Plan de Respuesta a Emergencias. - Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
			Amortiguamiento	La Zona de Amortiguamiento (ZA) para Radiación se encuentra a partir de los 5 kW/m ² hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m ² ; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil del Proyecto.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	A 300 psi se sufrirá la destrucción total de equipos sistemas y estructuras, ya que a este nivel de sobrepresión se pueden generar cráteres en la zona de la explosión. De 300 psi a 10 psi, se espera la destrucción de la infraestructura de proceso y servicios (tuberías, tanques, bombas, medidores, etc.), con valores de hasta \$50,000,000 USD. Con valores de sobrepresión de hasta 3 psi, la presión es suficiente para causar el colapso parcial de estructuras mecánicas y civiles, con pérdidas de hasta \$5,000,000 USD. Valores de hasta 1 psi, daños parciales en techos y muros por lo que los cuartos de control y edificios administrativos tienden a ser inhabitables por los daños generados.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, solo se causarán daños menores en estructuras civiles como, malformaciones menores en marcos de puertas y ventanas, en esta zona y a partir de los 0.5 psi, no existen daños en la infraestructura civil o mecánica de zonas industriales o habitacionales.	



Estudio de Riesgo (ER)

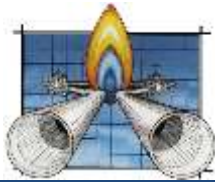
“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Tabla 22 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc15).

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
PHA-Esc15-CA-Dcto-2"PE	Población/ Personal	Radiación	Alto Riesgo	El daño esperado en las personas dentro de las Zonas de Riesgo donde se alcanzan niveles de Radiación de hasta 40 kW/m ² , es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto, posterior a los 40 kW/m ² y hasta niveles de 25 kW/m ² solo se esperan lesiones significativas en las personas si se exponen a la radiación en 10 segundos. Posterior a los 25 kW/m ² y hasta niveles de 12.5 kW/m ² las afectaciones en seres humanos es que éstos presentarán quemaduras de primer grado en un tiempo de 40 segundos. A partir 12.5 kW/m ² y hasta niveles de 5 kW/m ² , es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 40 segundos y se presentarán quemaduras de primer grado, aunque es improbable la formación de ampollas, hasta este nivel es que se pueden causar afectaciones a las personas.	- Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. - Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. - TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. - Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. - Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. - Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. - Apoyo de los servicios de emergencia
			Amortiguamiento	A partir de los 5 kW/m ² m las personas pueden soportar la radiación con la vestimenta adecuada (vestimenta de civil) y por tiempos prolongados. A niveles de 1.4 kW/m ² , las afectaciones a las personas son nulas ya que es el nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	Valores máximos de sobrepresión y hasta 10 psi se esperan posibles fatalidades en personas expuestas directamente a las ondas de sobrepresión. De 10 psi y hasta 5 psi, se estaría en un rango de 1 al 90% de rotura de tímpanos en personas expuestas directamente a la explosión, sin causar mortalidades en las mismas.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, no existen daños en personas.	
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Energía mínima suficiente para encender la madera y vegetación con radiaciones que van desde 37.5 kW/m ² a 12.5 kW/m ² , por lo que sería suficiente para la generación de un incendio forestal. Con radiaciones que van de 12.5 kW/m ² 5.0 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
			Amortiguamiento	Radiaciones que van de 5.0 kW/m ² 1.4 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	La generación de una explosión no confinada conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, por las ondas de sobrepresión que estarían generando la posible caída de árboles y el desplazamiento de fauna, por la generación de ruido, sin embargo, son mínimas las afectaciones hacia el medio ambiente.	
			Amortiguamiento		
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	Las afectaciones en la infraestructura son muy significativas, ya que tanto el acero estructural como el hormigón armado tienen a perder su integridad física, además de que las estructuras de madera o vegetación en general tienen a verse afectadas por la autoignición de las mismas, ocasionando un incendio mayor. Además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero y civiles existentes, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m ² . De 40 kW/m ² hasta 25 kW/m ² . En esta zona se causarán daños a las instalaciones o instrumentación conformadas por acero delgado, tales como instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica,	



Estudio de Riesgo (ER)
“Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”
 Estado de Morelos.

IV

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
				indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente). En el límite de la ZARDE que equivale a 12.5 kW/m ² , solo se causarán daños menores a los equipos y estructuras de acero. 12.5 kW/m ² y hasta los 5 kW/m ² que es el límite de la Zona de Alto Riesgo (ZA), los daños a equipos son mínimos y no se corre el riesgo de colapso de los mismo o pérdida de materiales por daños mayores.	correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. - Plan de Respuesta a Emergencias. - Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
			Amortiguamiento	La Zona de Amortiguamiento (ZA) para Radiación se encuentra a partir de los 5 kW/m ² hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m ² ; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil del Proyecto.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	A 300 psi se sufrirá la destrucción total de equipos sistemas y estructuras, ya que a este nivel de sobrepresión se pueden generar cráteres en la zona de la explosión. De 300 psi a 10 psi, se espera la destrucción de la infraestructura de proceso y servicios (tuberías, tanques, bombas, medidores, etc.), con valores de hasta \$50,000,000 USD. Con valores de sobrepresión de hasta 3 psi, la presión es suficiente para causar el colapso parcial de estructuras mecánicas y civiles, con pérdidas de hasta \$5,000,000 USD. Valores de hasta 1 psi, daños parciales en techos y muros por lo que los cuartos de control y edificios administrativos tienden a ser inhabitables por los daños generados.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, solo se causarán daños menores en estructuras civiles como, malformaciones menores en marcos de puertas y ventanas, en esta zona y a partir de los 0.5 psi, no existen daños en la infraestructura civil o mecánica de zonas industriales o habitacionales.	



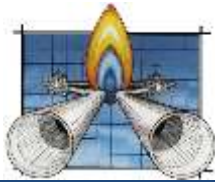
Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Tabla 23 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc16).

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
PHA-Esc16-PC-Dcto-0.75"PE	Población/ Personal	Radiación	Alto Riesgo	El daño esperado en las personas dentro de las Zonas de Riesgo donde se alcanzan niveles de Radiación de hasta 40 kW/m ² , es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto, posterior a los 40 kW/m ² y hasta niveles de 25 kW/m ² solo se esperan lesiones significativas en las personas si se exponen a la radiación en 10 segundos. Posterior a los 25 kW/m ² y hasta niveles de 12.5 kW/m ² las afectaciones en seres humanos es que éstos presentarán quemaduras de primer grado en un tiempo de 40 segundos. A partir 12.5 kW/m ² y hasta niveles de 5 kW/m ² , es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 40 segundos y se presentarán quemaduras de primer grado, aunque es improbable la formación de ampollas, hasta este nivel es que se pueden causar afectaciones a las personas.	- Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. - Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. - TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. - Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. - Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. - Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. - Apoyo de los servicios de emergencia
			Amortiguamiento	A partir de los 5 kW/m ² m las personas pueden soportar la radiación con la vestimenta adecuada (vestimenta de civil) y por tiempos prolongados. A niveles de 1.4 kW/m ² , las afectaciones a las personas son nulas ya que es el nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	Valores máximos de sobrepresión y hasta 10 psi se esperan posibles fatalidades en personas expuestas directamente a las ondas de sobrepresión. De 10 psi y hasta 5 psi, se estaría en un rango de 1 al 90% de rotura de tímpanos en personas expuestas directamente a la explosión, sin causar mortalidades en las mismas.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, no existen daños en personas.	
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Energía mínima suficiente para encender la madera y vegetación con radiaciones que van desde 37.5 kW/m ² a 12.5 kW/m ² , por lo que sería suficiente para la generación de un incendio forestal. Con radiaciones que van de 12.5 kW/m ² 5.0 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
			Amortiguamiento	Radiaciones que van de 5.0 kW/m ² 1.4 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	La generación de una explosión no confinada conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, por las ondas de sobrepresión que estarían generando la posible caída de árboles y el desplazamiento de fauna, por la generación de ruido, sin embargo, son mínimas las afectaciones hacia el medio ambiente.	
			Amortiguamiento		
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	Las afectaciones en la infraestructura son muy significativas, ya que tanto el acero estructural como el hormigón armado tienen a perder su integridad física, además de que las estructuras de madera o vegetación en general tienen a verse afectadas por la autoignición de las mismas, ocasionando un incendio mayor. Además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero y civiles existentes, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m ² . De 40 kW/m ² hasta 25 kW/m ² . En esta zona se causarán daños a las instalaciones o instrumentación conformadas por acero delgado, tales como instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica,	

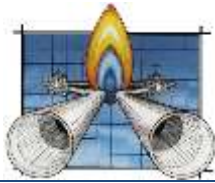


Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
				indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente). En el límite de la ZARDE que equivale a 12.5 kW/m ² , solo se causarán daños menores a los equipos y estructuras de acero. 12.5 kW/m ² y hasta los 5 kW/m ² que es el límite de la Zona de Alto Riesgo (ZA), los daños a equipos son mínimos y no se corre el riesgo de colapso de los mismo o pérdida de materiales por daños mayores.	correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. - Plan de Respuesta a Emergencias. - Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
			Amortiguamiento	La Zona de Amortiguamiento (ZA) para Radiación se encuentra a partir de los 5 kW/m ² hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m ² ; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil del Proyecto.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	A 300 psi se sufrirá la destrucción total de equipos sistemas y estructuras, ya que a este nivel de sobrepresión se pueden generar cráteres en la zona de la explosión. De 300 psi a 10 psi, se espera la destrucción de la infraestructura de proceso y servicios (tuberías, tanques, bombas, medidores, etc.), con valores de hasta \$50,000,000 USD. Con valores de sobrepresión de hasta 3 psi, la presión es suficiente para causar el colapso parcial de estructuras mecánicas y civiles, con pérdidas de hasta \$5,000,000 USD. Valores de hasta 1 psi, daños parciales en techos y muros por lo que los cuartos de control y edificios administrativos tienden a ser inhabitables por los daños generados.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, solo se causarán daños menores en estructuras civiles como, malformaciones menores en marcos de puertas y ventanas, en esta zona y a partir de los 0.5 psi, no existen daños en la infraestructura civil o mecánica de zonas industriales o habitacionales.	



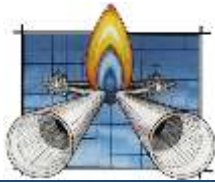
Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Tabla 24 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Esc17).

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
PHA-Esc17-CA-Dcto-0.75"PE	Población/ Personal	Radiación	Alto Riesgo	El daño esperado en las personas dentro de las Zonas de Riesgo donde se alcanzan niveles de Radiación de hasta 40 kW/m ² , es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto, posterior a los 40 kW/m ² y hasta niveles de 25 kW/m ² solo se esperan lesiones significativas en las personas si se exponen a la radiación en 10 segundos. Posterior a los 25 kW/m ² y hasta niveles de 12.5 kW/m ² las afectaciones en seres humanos es que éstos presentarán quemaduras de primer grado en un tiempo de 40 segundos. A partir 12.5 kW/m ² y hasta niveles de 5 kW/m ² , es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 40 segundos y se presentarán quemaduras de primer grado, aunque es improbable la formación de ampollas, hasta este nivel es que se pueden causar afectaciones a las personas.	- Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. - Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. - TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. - Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. - Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. - Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. - Apoyo de los servicios de emergencia
			Amortiguamiento	A partir de los 5 kW/m ² m las personas pueden soportar la radiación con la vestimenta adecuada (vestimenta de civil) y por tiempos prolongados. A niveles de 1.4 kW/m ² , las afectaciones a las personas son nulas ya que es el nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	Valores máximos de sobrepresión y hasta 10 psi se esperan posibles fatalidades en personas expuestas directamente a las ondas de sobrepresión. De 10 psi y hasta 5 psi, se estaría en un rango de 1 al 90% de rotura de tímpanos en personas expuestas directamente a la explosión, sin causar mortalidades en las mismas.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, no existen daños en personas.	
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Energía mínima suficiente para encender la madera y vegetación con radiaciones que van desde 37.5 kW/m ² a 12.5 kW/m ² , por lo que sería suficiente para la generación de un incendio forestal. Con radiaciones que van de 12.5 kW/m ² 5.0 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
			Amortiguamiento	Radiaciones que van de 5.0 kW/m ² 1.4 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	La generación de una explosión no confinada conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, por las ondas de sobrepresión que estarían generando la posible caída de arboles y el desplazamiento de fauna, por la generación de ruido, sin embargo, son mínimas las afectaciones hacia el medio ambiente.	
			Amortiguamiento		
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	Las afectaciones en la infraestructura son muy significativas, ya que tanto el acero estructural como el hormigón armado tienen a perder su integridad física, además de que las estructuras de madera o vegetación en general tienen a verse afectadas por la autoignición de las mismas, ocasionando un incendio mayor. Además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero y civiles existentes, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m ² . De 40 kW/m ² hasta 25 kW/m ² . En esta zona se causarán daños a las instalaciones o instrumentación conformadas por acero delgado, tales como instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica,	

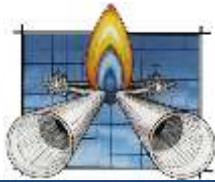


Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

IV

Estado de Morelos.

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción	Salvaguardas existentes
				indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente). En el límite de la ZARDE que equivale a 12.5 kW/m ² , solo se causarán daños menores a los equipos y estructuras de acero. 12.5 kW/m ² y hasta los 5 kW/m ² que es el límite de la Zona de Alto Riesgo (ZA), los daños a equipos son mínimos y no se corre el riesgo de colapso de los mismo o pérdida de materiales por daños mayores.	correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. - Plan de Respuesta a Emergencias. - Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
			Amortiguamiento	La Zona de Amortiguamiento (ZA) para Radiación se encuentra a partir de los 5 kW/m ² hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m ² ; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil del Proyecto.	
		Sobre presión	Alto Riesgo	A 300 psi se sufrirá la destrucción total de equipos sistemas y estructuras, ya que a este nivel de sobrepresión se pueden generar cráteres en la zona de la explosión. De 300 psi a 10 psi, se espera la destrucción de la infraestructura de proceso y servicios (tuberías, tanques, bombas, medidores, etc.), con valores de hasta \$50,000,000 USD. Con valores de sobrepresión de hasta 3 psi, la presión es suficiente para causar el colapso parcial de estructuras mecánicas y civiles, con pérdidas de hasta \$5,000,000 USD. Valores de hasta 1 psi, daños parciales en techos y muros por lo que los cuartos de control y edificios administrativos tienden a ser inhabitables por los daños generados.	
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, solo se causarán daños menores en estructuras civiles como, malformaciones menores en marcos de puertas y ventanas, en esta zona y a partir de los 0.5 psi, no existen daños en la infraestructura civil o mecánica de zonas industriales o habitacionales.	



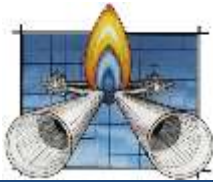
IV.4.2 Reposicionamiento de Escenarios de Riesgo.

De acuerdo a lo establecido en la Figura 1 (página 5) de la Guía para la elaboración del Análisis de Riesgos para el Sector Hidrocarburos (ARSH), este apartado no se desarrolla.



Índice

V. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PREVENTIVAS.	2
V.1 SISTEMAS DE SEGURIDAD.	2
V.2 MEDIDAS PREVENTIVAS.	7



V. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PREVENTIVAS.

V.1 SISTEMAS DE SEGURIDAD.

Los sistemas de seguridad son:

- SCADA. Sistema que permite monitorear vía remota el comportamiento de la presión en la City Gate, para envío de las variables operativas al proveedor del gas.
- Válvulas de seccionamiento.
- Medidores de presión en las Estaciones de Regulación y Medición.
- TALON. Software que permite monitorear las condiciones operativas de los sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia, para envío a oficinas de GNN en Torreón, Coah., el cual se describe a detalle a continuación:

TALÓN

Es un software que permite monitorear las condiciones operativas de los sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. Facilita la retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (Transmisores de Presión y de Temperatura), así mismo, provee la información de dichas condiciones operativas que se generan en la estación de Gas Natural cada vez que sea necesario, teniendo la capacidad de almacenar en su base de datos central los históricos ya sea por día o por hora.

Básicamente se divide en 2 unidades las cuales se componen de los siguientes elementos:

1. UNIDAD CENTRAL

- 2 servidores que se encargaran de visualizar las estaciones de Gas Natural.
- Una Red Virtual que será el espacio destinado para albergar el software de monitoreo.
- Un software de monitoreo (Sheduler) encargado de desplegar y registrar las condiciones operativas de cada estación.
- Un modem maestro operado mediante un paquete de datos con una velocidad de 512 Kilobits por segundo el cual será el encargado de interrogar de manera automática cada una de las estaciones integradas al sistema de monitoreo remoto.
- Un sistema de respaldo de energía el cual además de suministrarle la energía necesaria al modem, se encargará de mantener operando la red virtual por 30 minutos en lo que se restablece la falla eléctrica.



2. UNIDAD REMOTA

- Un computador electrónico de flujo, el cual se encarga de procesar la información de las variables de la estación (Presión, Temperatura, Volumen y Energía), con la capacidad de almacenar dicha información en su base de datos.
- Transmisores de presión, temperatura y un medidor de Gas Natural, los cuales se encargarán de sensar las variables de la estación.
- Un modem esclavo operado mediante un paquete de datos con una velocidad de 512 Kilobits por segundo el cual será el encargado de enviar la información registrada en el computador cada vez que el modem maestro lo solicite.
- Un sistema de respaldo de energía solar para mantener un enlace de comunicación continuo, el cual está diseñado para respaldar has 48 horas en caso de falla.

Debido a las propiedades químicas de la materia prima que Gas Natural del Noroeste suministra a sus clientes, fue necesaria la puesta en operación de un sistema de monitoreo remoto denominado “TALON”.

DESCRIPCIÓN SISTEMA DE MONITOREO REMOTO “TALON”

Es un sistema de monitoreo remoto que permite visualizar las condiciones operativas de las Estaciones de Regulación y Medición, ubicadas en diferentes puntos del país. El cual interroga mediante un modem GPRS cada una de las estaciones que se desea monitorear, operando con un paquete de datos. Este enlace se refleja en él, mediante el software del sistema TALON (Sheduler), a través de una red privada virtual (VPN), se logra el enlace de comunicación en tiempo real. Para ello, se instala un computador electrónico de flujo de la marca EAGLE RESEARCH, cuya función principal es recopilar los consumos de volumen y energía, así como las variables de presión y temperatura.

El sistema TALON fue diseñado por la compañía EAGLE RESEARCH, el cual permite monitorear y al mismo tiempo operar el computador electrónico de flujo y así, supervisar de manera constante las condiciones operativas tanto de la estación principal del gasoducto (CITY GATE), así como el último punto de entrega de este.

Actualmente se cuenta con 117 sistemas enlazados al sistema TALON, los cuales son supervisados por personal capacitado las 24 horas. Cada sistema está configurado con una serie de alarmas para las variables de presión, aumento de flujo y falla en el suministro de energía del computador electrónico de flujo, las cuales están estandarizadas en 3 condiciones críticas, que dependerán de las condiciones operativas de cada estación.

Así mismo, al suscitarse algún evento que pudiera poner en riesgo a la población cercana al gasoducto y a este, el software tiene la capacidad de notificar tanto al responsable del sistema TALON como a los responsables de los diferentes sistemas de distribución o transporte. Estas notificaciones serán enviadas a través de una alerta vía e-mail y un mensaje de texto vía celular describiendo el tipo de condición que se esté generando en el momento.



En algunos sistemas de Transporte y Distribución, se cuentan con válvulas de seccionamiento automatizadas, las cuales podrán ser accionadas remotamente en caso de una contingencia o cualquier situación que requiera el cierre total del gasoducto. Sus condiciones de operación, principalmente presión y estado de la válvula, son monitoreadas mediante un Computador Electrónico de Flujo. Una vez que el computador reciba esta información se encargará de analizar las presiones recolectadas y determinar si éstas se encuentran fuera de rango de las Presiones de Operación establecidas, para posteriormente realizar el envío de una alarma, ya sea por baja o alta presión. Esta alarma será procesada en el SCADA Talón el cual genera una alerta que se enviará, vía correo y SMS (mensaje de texto) al Personal de GNN para su atención.

El SCADA Talón también se encargará de recopilar la información del Computador Electrónico en un tiempo programable para guardar históricos y para su monitoreo vía remoto.

SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES

Para el caso del City Gate, se cuenta con un cuarto de medición/Site de comunicación, así mismo la información obtenida del computador electrónico de flujo de dicha estación es enviada hacia el Centro de Control y Monitoreo que está ubicado en las oficinas de Torreón Coahuila a través del siguiente sistema de telecomunicaciones:

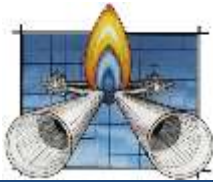
Por medio de un convertidor RJ45-Serial LANTRONIX, el Computador de Flujo se enlaza con un Modem Satelital IDIRECT, modelo X3, que sirve para crear la puerta de enlace a través del segmento de red del proveedor de servicios de conectividad satelital.

El tráfico de datos de medición es a través de una VPN (Red Privada Virtual), de este modo el tráfico es exclusivamente entre la red del Proveedor de Servicios y el Proyecto. Cabe señalar que la interrogación del Computador de Flujo puede ser desde cualquier punto de la red.

Todos estos equipos tienen respaldo de energía con un UPS APC Smart UPS 1500, el cual tiene un respaldo de 90 minutos con una carga de 100 watts. Los equipos anteriormente mencionados se quedan dentro del Cuarto de Medición/Site de comunicación que está ubicado dentro del predio de la City Gate.

El tipo de enlace para el envío de información en el cuarto de control central ubicado en Torreón Coahuila es de tipo satelital, el cual cuenta con un ancho de banda de 256 Kbps.

En la siguiente imagen se muestra un esquemático del sistema de Telecomunicaciones aplicado a este proyecto:



Estudio de Riesgo (ER) “Sistema de Distribución de Gas Natural por medio de Ductos en la Zona Geográfica: Morelos”

Estado de Morelos.

V

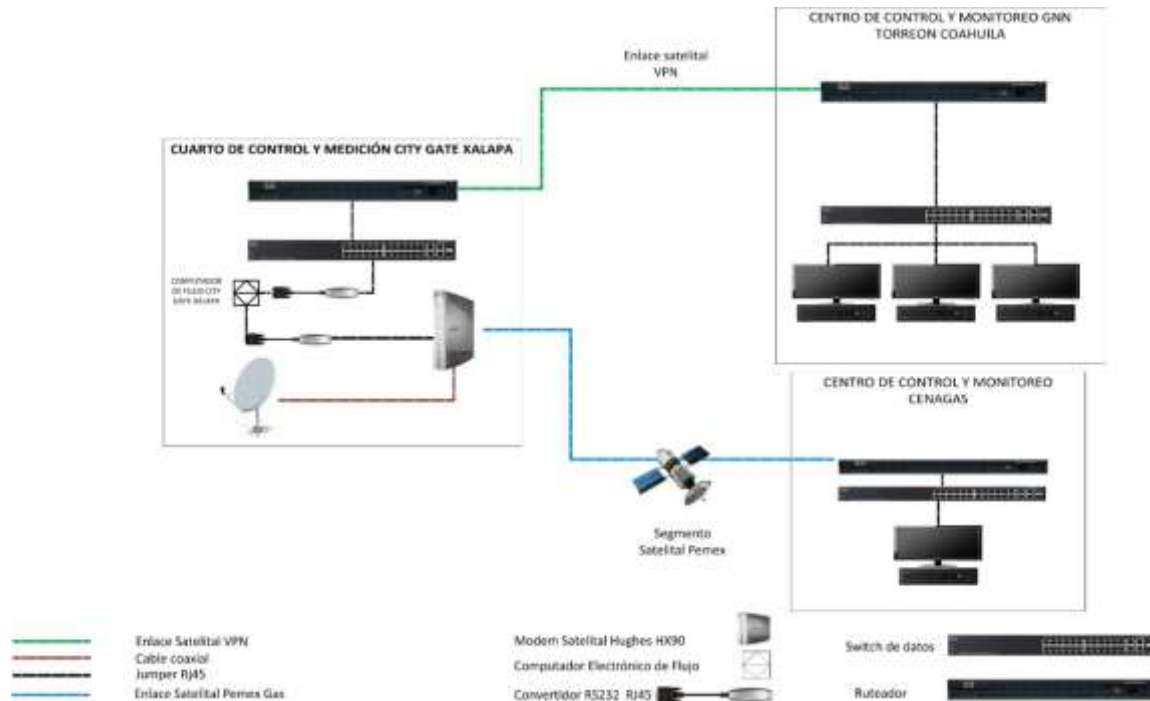


Figura 1 “Esquema de Telecomunicaciones City Gate”.

En el caso de un incendio por fuga de gas, se tomarán en cuenta las siguientes indicaciones:

a) Fuga de gas natural a la atmósfera, sin incendio:

Si esto sucede a la intemperie, el gas natural se disipa fácilmente en las capas superiores de la atmósfera; contrariamente, cuando queda atrapado en la parte inferior de techumbres se forman mezclas explosivas con gran potencial para explotar, y explotarán violentamente al entrar en contacto con una fuente de ignición.

- Verificar anticipadamente por medio de pruebas y Auditorias de Seguridad, que la integridad mecánica-eléctrica de las instalaciones está en óptimas condiciones (diseño, construcción y mantenimiento) de acuerdo a las especificaciones establecidas en normas para gasoductos que incluya válvulas, conexiones y accesorios.
- Se instalarán detectores de mezclas explosivas, calor y humo con alarmas audibles y visuales.

b) Incendio por una fuga de gas natural:

En caso de incendio por fuga de gas natural, procede lo siguiente:

- Se activa el plan de emergencia, según la magnitud del evento.
- Aún sin incendio, asegurarse que el personal utilice el equipo de protección para combate de incendios.



- Bloquear las válvulas que alimentan la fuga y proceder con los movimientos operacionales de ataque a la emergencia, mientras tanto, serán enfriadas con agua las superficies de las instalaciones expuestas al calor.

Aunado a lo anterior, el sistema para distribución de gas natural, contará con los siguientes dispositivos y equipos para emergencias:

Cantidad	Artículo	Especificaciones
1	Medidor de temperatura ambiente,	Graficador de temperatura,
1	Detector de gas (espacios cerrados),	Exposímetro,
1	Medidor de energía,	Milímetro digital,
1	Medidor de presión,	Graficador de presión,
1	Detector de gas natural,	Micro gas,
1	Medidor de mercaptano en sistema,	Detección (odorizante),
1	Medidor de presión (digital),	Manómetro digital,
1	Medidor de temperatura del gas,	Block calibrador de temperatura,
1	Medidor de presión,	Graficador de presión,
1	Detector de fallas fushion bond (en tubería de A.C.),	SPY,
1	Calibrador de espesores,	Positector UTG-ME,
1	Probador portátil para presión hidráulica,	0-3000 PSI,
1	Equipo de auto riego,	Motor a gasolina de 15 HPS,
2	Equipo abrebridas.	Abrebridas.



V.2 MEDIDAS PREVENTIVAS.

A) Medidas de Seguridad.

Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V. cuenta con un programa de seguridad, del cual se deriva una serie de actividades preventivas-correctivas para la eficiente operación del sistema para distribución de gas natural, las cuales se indican en la siguiente tabla:

Tabla 1 Programa de Actividades de Seguridad.

Actividades de Seguridad	Frecuencia
Patrullaje de la franja de desarrollo del sistema.	Diario
Descargo de información en el sistema para promedios de medición de facturación.	Quincenal
Inspección, verificación y prueba de válvula registro de interconexión.	Mensual
Inspección y verificación de equipos e instrumentos de las ERMs.	
Inspección y verificación de equipos e instrumentos de los registros de seccionamiento.	
Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones del cuarto de interconexión.	
Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones de las ERMs.	
Monitoreo de emanaciones de gas natural en el interior de los registros de seccionamiento.	
Monitoreo de porcentaje de odorización en el sistema.	Trimestral
Monitoreo de emanaciones de gas natural sobre la franja de desarrollo del sistema.	
Inspección en el incremento de la clase de localización.	Anual

B) Operación y Mantenimiento.

La empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V. cuenta con un programa anual de operación y mantenimiento, el cual está enfocado a disminuir el riesgo de eventos que lleguen a impactar el ecosistema y dañar la integridad mecánica de la instalación. A continuación, se indican las actividades de mantenimiento preventivo a realizar en el sistema para distribución de gas natural:



Tabla 2 Actividades de mantenimiento a realizar.

Actividades de Mantenimiento	Frecuencia
Mantenimiento instrumentación.	
Calibración de manómetros en las ERMs.	Semestral
Mantenimiento eléctrico.	
Levantamiento de potenciales del sistema.	Mensual
Toma de resistividad del suelo donde se aloja el gasoducto.	Anual
Medición de tierras físicas.	
Mantenimiento mecánico.	
Mantenimiento y prueba en registros de válvulas de seccionamiento y disparos del sistema.	Bimestral
Mantenimiento preventivo de los filtros en las ERMs.	Semestral
Mantenimiento preventivo, calibración y ajuste a las válvulas reguladoras de las ERMs.	Anual
Mantenimiento preventivo, calibración y ajuste a las válvulas de seguridad de las ERMs.	Semestral
Aplicación de recubrimiento en la interconexión.	
Aplicación de recubrimiento en las ERMs.	
Aplicación de recubrimiento en los registros de seccionamiento.	
Medición de espesores en instalaciones superficiales.	Anual
Mantenimiento al equipo de motorización.	
Servicios generales.	
Limpieza y aseo general de las instalaciones del cuarto de interconexión.	Mensual
Limpieza y aseo general de las instalaciones de las ERMs.	
Limpieza y aseo general de las instalaciones de los registros de seccionamiento.	
Limpieza y desazolve de la señalización tipo "4" y tipo "R".	Trimestral
Aplicación de pintura a la señalización tipo "4" y tipo "R" en el sistema.	
Limpieza y desazolve de la franja de desarrollo del sistema.	Cuatrimestral

Aunado a las actividades indicadas en las **Tablas 1 y 2**, se realizarán las siguientes actividades de mantenimiento en el sistema para distribución:

1. Monitoreo de fugitivos de Gas Natural en el derecho de vía,
2. Mantenimiento a señalamientos.



Para todas y cada una de las actividades de operación y mantenimiento, se contará con evidencias de su realización, tales como: órdenes de trabajo y registros de las actividades realizadas.

C) Verificaciones y/o Auditorías de Seguridad.

Las actividades de mantenimiento a ejecutar en el sistema para distribución de gas natural, estarán fundamentadas desde la planeación eficiente y diseños de construcción del proyecto, por lo que se dará cumplimiento a la **NOM-003-ASEA-2016**, misma que establece que se debe realizar una verificación anual por parte de una Unidad de Verificación, acreditada ante la ASEA, la cual verificará y emitirá el dictamen en base a los siguientes puntos relacionados con la **seguridad, operación y mantenimiento** del sistema para distribución de Gas Natural.

Verificación de Operación y Mantenimiento.

1. Procedimientos de Operación y Mantenimiento,
2. Señalamientos,
3. Registros de vigilancia y patrullaje,
4. Registros de inspección de los dispositivos de control de presión,
5. Mantenimiento de registros,
6. Registros de mantenimiento de válvulas,
7. Control de corrosión externa,
8. Registros de Inspección y mantenimiento a estación de regulación y medición,
9. Documentación histórica y evaluación de la ingeniería,
10. Programa y registros de capacitación y/o entrenamiento.

Verificación de Seguridad.

1. Plan Integral de Seguridad y Protección Civil,
2. Programa de Prevención de Accidentes y registros de simulacros,
3. Programa para la prevención de daños,
4. Programa de auxilio,
5. Programa de recuperación,
6. Educación al público,
7. Investigación de fallas,
8. Procedimientos de emergencias.



Así mismo, para la etapa de construcción e instalación del sistema para distribución de gas natural, se debe de contar con un dictamen de inicio de operaciones o de construcción realizado por la Unidad Verificadora.

Procedimientos de Operación y Mantenimiento.

Para la atención a emergencias, la Promovente cuenta con procedimientos técnicos operativos, mismos que se encuentran actualizados y serán aplicados por parte del personal al momento de presentarse una situación de emergencia. Dichos procedimientos se indican a continuación:

- PO-OYM-OPE-08. Patrullaje de los sistemas de transporte.
- PO-OYM-OPE-09. Detección y localización de fugas.
- PO-OYM-OPE-10. Clasificación de fugas de gas Natural.
- PO-OYM-MANTTO-04. Medición de resistividad del suelo.
- PO-OYM-MANTTO-05. Toma de potencial entre tubería y suelo.
- PO-OYM-MANTTO-06. Revisión de aislamiento eléctrico en camisas.
- PO-OYM-MANTTO-07. Revisión de aislamiento eléctrico.
- PO-OYM-MANTTO-10. Calibración de espesores en instalaciones superficiales.
- PO-OYM-MANTTO-11. Manejo e instalación de tuberías de acero.
- PO-OYM-MANTTO-12. Mantenimiento a casetas de ERM.
- PO-OYM-MANTTO-14. Mantenimiento a válvulas reguladores instaladas en la ERM.
- PO-OYM-MANTTO-18. Pintado de instalaciones.
- PO-OYM-MANTTO-19. Garantizar la señalización de la franja de desarrollo del sistema.
- PO-OYM-MANTTO-20. Lavado de tuberías y accesorios en City Gates, ERM y cuarto de interconexión.
- PO-OYM-MANTTO-21. Limpieza a la franja de desarrollo del sistema.
- PO-OYM-MANTTO-25. Calibración de los transmisores multivariantes.
- PO-OYM-MANTTO-26. Calibración del tablero y sensores de mezclas explosivas.
- PR-OYM-OPE-02. Programa de visitas a sistemas en operación.
- FR-OYM-OPE-02. Verificación de fugas de gas natural.
- FR-OYM-OPE-03. Verificación de conexión eléctrica ánodo-cables y ánodo-ánodo.
- FR-OYM-OPE-04. Verificación de instalación de poste de monitoreo y cupón.
- FR-OYM-OPE-05. Puesta en marcha del sistema de protección catódica por ánodos galvánicos.



- FR-OYM-MANTTO-04. Informe de calibración.
- FR-OYM-MANTTO-05. Etiqueta de calibración.
- FR-OYM-MANTTO-06. Reporte de medición de espesores.
- FR-OYM-MANTTO-07. Reporte de recubrimiento anticorrosivo.
- FR-OYM-MANTTO-09. Calibración de instrumentos.

Así mismo, se cuenta con un programa de capacitación anual de seguridad en el cual se tiene programada la realización de simulacros tanto en gabinete y en campo, lo cual forma parte de la política de seguridad, ya que es importante tener al personal operativo capacitado y entrenado para atender cualquier situación de emergencia de manera oportuna.

En términos generales, la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V. cuenta con las medidas de seguridad requeridas para asegurar la eficiente operación y mantenimiento de la instalación, con el objeto de brindar una operación confiable del sistema para distribución de gas natural a los socios comerciales e industriales; así mismo, contará con un Sistema de Auditorías y Verificaciones por empresas acreditadas y Unidades de Verificación, para la obtención de los dictámenes que aseguren la integridad mecánica y la operabilidad del sistema.

ATENCIÓN A EMERGENCIAS.

En caso de emergencia se activa el siguiente protocolo:

1. Identificación de la Emergencia.

A continuación, se indican las emergencias ambientales que se pueden presentar durante las etapas de proyecto:

Etapas del proyecto	Actividad	Emergencia Ambiental	Impacto ambiental ocasionado por la emergencia
Preparación del sitio	Carga de combustible a maquinaria	Derrame de combustible sobre suelo natural	Contaminación del suelo y subsuelo
Construcción y montaje de estructuras	Carga de combustible a maquinaria y manejo de sustancias químicas	Derrame de sustancias peligrosas sobre suelo natural	Contaminación del suelo y subsuelo
	Manejo de residuos peligrosos	Derrame de residuos peligrosos sobre suelo natural	Contaminación del suelo y subsuelo
	Trabajo de corte y soldadura	incendio	Contaminación del aire, suelo y subsuelo
Operación y mantenimiento	Manejo de residuos peligrosos	Derrame de residuos peligrosos sobre suelo natural	Contaminación del suelo y subsuelo
	Trabajo de corte y soldadura	incendio	Contaminación del aire, suelo y subsuelo



Cualquier persona que detecte alguna de las emergencias ambientales indicadas debera reportarlo de inmediato al Supervisor de Medio Ambiente de GNN.

El Supervisor de Medio Ambiente debe asegurarse de que cuenta con toda la informacion, para proceder a coordinar la atencion de la emergencia. Utilizando el formato correspondiente dentro del Manual de Calidad, denominado: *Reporte de Investigacion de Accidentes/Incidentes*.

2. Equipo y materiales.

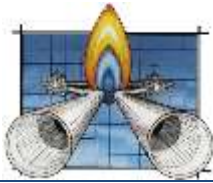
El Supervisor de Medio Ambiente debera asegurarse de disponer los recursos materiales para atender las emergencias ambientales, los cuales son (enunciativa mas no limitativamente) los siguientes:

Tipo de emergencia	Material para su atencion
Derrames	• Kit para control de derrames: cinta delimitadora de area, pico, pala, escoba, metrial absorbente (cojin, almohadilla, cordon-salchicha, polimero solidificador/encapsulador, arena, y/o aserrin), recipiente y/o bolsas; • EPP (botas, guantes, lentes, cubre bocas).
Incendios	• Extintores, agua, tierra.

3. Mecanismos para la atencion de las emergencias ambientales identificadas.

Derrames sobre suelo natural (combustibles, sustancias quimicas, residuos peligrosos).

ANTES
• Asegurarse que se cuenta con kit para control de derrames; • Colocarse el EPP (botas, guantes, lentes, cubre bocas); • Consultar la hoja de datos de seguridad del material derramado para identificar la peligrosidad de la sustancia e indicaciones de manejo “especiales”; • Delimitar con cinta el area afectada.
DURANTE
• Acordonar el suelo afectado con el material absorbente y evitar la propagacion del derrame; • Para absorber el derrame: esparcir el material absorbente sobre toda la superficie del derrame, desde la periferia hacia el centro; • Una vez controlado el derrame, recolectar el suelo contaminado con pico y pala, y depositarlo en las bolsas y/o recipientes destinados para tal fin; • Manejar y disponer como residuos peligrosos tanto el suelo contaminado como el material utilizado para la contencion del derrame.



DESPUES

- Evaluar el entorno ambiental para identificar los impactos ambientales adversos ocasionados, y en su caso determinar las acciones mitigar/minimizar dichos impactos.

Para mayor detalle, Ver **Anexo 16**.

Incendio.

Combatir el incendio con apego al Plan de emergencia en obra.

Una vez que el incendio ha sido atendido, el Supervisor de Medio Ambiente, debera;

- Evaluar el entorno ambiental para identificar los impactos ambientales adversos ocasionados, y en su caso determinar las acciones para mitigar/minimizar dichos impactos, especialmente si el incendio sucedió en areas con vegetacion.



Índice

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	2
VI.1 CONCLUSIONES.	2
VI.2 RECOMENDACIONES.	4



VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

VI.1 CONCLUSIONES.

El proyecto al Sistema para Distribución de Gas Natural en la Zona Geográfica Morelos, presenta un grado de riesgo Tolerable Tipo "C" y un nivel de seguridad aceptable, con base a los resultados del Análisis Cualitativo, lo cual está directamente relacionado a que Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., reúne años de experiencia en la construcción y operación de proyectos inherentes al Sector Hidrocarburos, por lo que se tiene conocimiento del grado de responsabilidad tanto civil como ambiental que conlleva la operación de un proyecto de este tipo.

- ✓ De los resultados del Análisis HAZOP, se constató que las variables principal a monitorear son Presión, Flujo y Nivel principalmente, ya que ésta última está involucrada principalmente en los sistemas de filtración de proceso y servicios auxiliares de la ERM, donde la desviación de más y menos nivel, puede repercutir principalmente en el arrastre de condensados aguas arriba de los filtros causando severos daños a los sistemas existentes, por su parte menos nivel, provocado por la apertura en falso de las válvulas de control de nivel en las líneas de drenado, provocaría el paso directo de gas natural por las líneas de condensados ocasionando la fuga de gas hacia la atmosfera de combustible que con la presencia de una fuente de ignición puede provocar una situación de emergencia donde las pérdidas materiales y de proceso serían significativas. Por su parte, las variables de presión y flujo, de acuerdo al análisis realizado, las principales desviaciones detectadas de mayor riesgo (riesgo Medio) son las de menos y más presión/flujo y/o flujo en otra dirección, por fallas específicas en los instrumentos de control y de seguridad.
- ✓ Del Análisis What If, se determinó que una de las causas principales causas a la pregunta ¿Qué Pasa si no hay flujo?, sería por agentes externos que pueden afectar la operación del sistema de distribución de gas natural, tal es el caso de una ruptura de línea aguas arriba del punto de análisis, causada por terceros o fenómeno natural, mismas que, de acuerdo a la literatura son las principales afectaciones en gasoductos enterrados.

El presente estudio llevó a la conclusión de que los riesgos mayores, son las variaciones en las condiciones de proceso por agentes externos, principalmente en las instalaciones superficiales como la ERM, ya que de acuerdo al análisis HAZOP existen parámetros operacionales que pueden repercutir en posibles fallas (rupturas de línea) con probable liberación de gas en las principales instalaciones de proceso, causadas por sobrepresión en las líneas de conducción, falla de válvulas manuales o por la activación de los sistemas de seguridad como válvulas de alivio, y que por su ubicación podrían afectar la infraestructura aledaña y las áreas agrícolas extiendes directamente, y en su caso, desencadenar un incendio mayor si la capacidad de respuesta es mayor, sin embargo la empresa tiene instalados sistemas de seguridad para prevenir situaciones de riesgo que estén directamente relacionadas con las condiciones operativas del sistema, tal es el caso del SCADA y el sistema TALON para el monitoreo remoto de las instalaciones.



El riesgo existente por la conducción de Gas Natural por ductos es evidente, mismo que para el presente sistema de transporte se encuentra controlado mediante los instrumentos de seguridad y por la supervisión de las condiciones operativas del sistema, aunado a que el transporte por ductos de hidrocarburos es de los más seguros y confiables. Aunado a lo anterior, los programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, ayudan a anticiparse a cualquier falla mecánica o de operación que se pueda presentar.

De acuerdo con lo anterior, es importante señalar que los Escenarios de Riesgos que fueron propuestos en el presente Estudio, en apego a lo solicitado por la autoridad mediante la Guía para la elaboración del Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos, han sido simulados en el contexto donde no se tomaron en cuenta las medidas preventivas y sistemas de seguridad del proyecto para evaluar los Riesgos Operativos, y así mismo, posteriormente, considerando la aplicación de cada una de las salvaguardas especificadas determinar el Riesgo Residual del Proyecto, lo cual determinó que todas los escenarios de riesgo tienen una Categoría “C” que equivale a **Riesgo Significativo, pero se pueden compensar con las acciones correctivas en el paro de instalaciones programado, para no presionar programas de trabajo y costos. La mitigación debe enfocarse en la disciplina operativa y en la confiabilidad de los sistemas de protección.**



VI.2 RECOMENDACIONES.

Para la realización del presente Estudio de Riesgo Ambiental (ERA), se utilizó la técnica del HAZOP (Hazard and Operability) para la evaluación y determinación de riesgos, así como la metodología denominada Árbol de Fallas para la determinación de la probabilidad de ocurrencia de riesgos y mediante el paquete SCRI (Modelos de Simulación para el análisis de consecuencias por Fuego y Explosión, versión 2.0) se realizaron las simulaciones de fugas de gas natural, de lo cual, aunado a los recorridos en campo donde se instalará el presente proyecto, se derivan las siguientes recomendaciones.

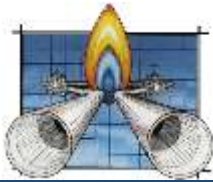
- Atender las recomendaciones que se incluyen en las hojas de trabajo del HAZOP.
- Elaborar y poner en práctica un programa para la calibración de los instrumentos de medición y control, así como para el mantenimiento de los mismos de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de proveedor del gas natural, para reportar cualquier falla en el suministro de gas, así como cualquier emergencia que requiera el cierre del Gasoducto principal que suministrará el energético.
- Realizar simulacros por lo menos dos veces al año en los que se evalúe la capacidad de respuesta del personal para la atención de los eventos de riesgo identificados en el Capítulo III del Estudio de Riesgo.
- Considerar la implementación de un sistema de monitoreo operativo en toda la trayectoria del sistema para distribución de gas natural, que además de realizar actividades de supervisión pueda actuar en caso de una emergencia (i.e. cierre de válvulas).

RECOMENDACIONES ESPECIFICAS

- ✓ Considerar en la ingeniería de detalle del proyecto, el diseño y construcción de trampas de envío y recibo de dispositivos de limpieza e inspección interna para la evaluación de la integridad de los gasoductos troncales de acero al carbón.
- ✓ Cuando por razones técnicas el diseño la red de distribución, no considere la instalación de trampas de envío y recibo de diablos, establecer los métodos de evaluación de la integridad mecánica de los ductos de acuerdo a la NOM-009-ASEA-2017.
- ✓ Elaboración del Estudio de Impacto Social, donde se establezcan medidas de atención a la comunidad que tendrá incidencia en la red de distribución de gas natural.

Control de la Corrosión

- ✓ Asegurarse que la memoria de cálculo del sistema de protección catódica cumpla con la normatividad aplicable.
- ✓ Asegurar que la memoria técnica del Sistema de Protección Catódica a instalar para protección de los gasoductos de acero, contenga como mínimo lo siguiente: tiempo de vida, criterios, ubicación de camas anódicas, número, dimensiones y tipo de los ánodos utilizados, densidad de corriente eléctrica, resistencia total de circuito, por ciento de área desnuda a proteger,



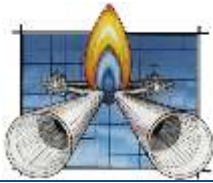
especificación de materiales y equipo, cálculos, recomendaciones, prácticas de ingeniería, normas, códigos, reglamentos y regulaciones a observar durante la implementación del mismo.

- ✓ Toda la tubería de acero debe estar protegida mediante Sistema de Protección Catódica desde el primer día de operación; en dado caso que, GNN decida lo contrario, se debe demostrar mediante un estudio técnico realizado por el área técnica responsable del control de la corrosión externa, que los materiales son resistentes al ataque corrosivo del medio ambiente en el cual son instalados, en este caso el sistema de protección catódica deberá estar instalado en un plazo no mayor a un año posterior al primer día de operación del sistema de distribución de gas natural.
- ✓ Además de la memoria técnica del Sistema de Protección Catódica, contar con los resultados de pruebas de interacción con otros sistemas eléctricos ajenos al sistema de protección catódica (líneas de alta tensión, sistemas de tierras, estructuras metálicas vecinas protegidas o no catódicamente y dependencias involucradas).
- ✓ Una vez instalado el Sistema de Protección Catódica, elaborar los planos y diagramas del sistema de tal y como fue instalado. (Arreglos constructivos de la cama anódica, de la fuente externa de corriente eléctrica directa, conexiones eléctricas cable-Ducto, Ducto-estación de registro de potencial y puentes eléctricos entre Ductos).
- ✓ Elaborar y poner en práctica programas de inspección y mantenimiento periódico de los elementos que conforman los sistemas de protección catódica, evidenciando dichas acciones mediante los registros respectivos.
- ✓ Dentro de la etapa de operación, realizar inspecciones cuando menos cada seis meses del recubrimiento dieléctrico en todos los tramos de los ductos de acero superficiales y en áreas expuestas. Cuando el recubrimiento se encuentre deteriorado se debe reemplazar o reparar.
- ✓ Elaborar y poner en práctica métodos de evaluación de la corrosión externa en ductos en operación, con la finalidad de constatar el óptimo funcionamiento del sistema de protección catódica, lo anterior principalmente para los siguientes factores: corrosión microbiológica, agrietamiento por corrosión bajo esfuerzos (SCC por sus siglas en inglés) agrietamiento bajo tensión en presencia de sulfuros y agrietamiento inducido por sulfuros.
- ✓ Elaborar y poner en práctica métodos de evaluación de la corrosión interna de ductos, con la finalidad de evaluar la pérdida de espesor de la tubería por corrosión interna, tales como: probetas con pérdida de peso, sondas de hidrógeno, embobinadores de ensayo y/o sondas de corrosión.



Índice

VII. RESUMEN EJECUTIVO.....	2
VII.1 RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO.	2
VII.2 INFORME TÉCNICO DEL ARSH.	3



VII. RESUMEN EJECUTIVO.

VII.1 RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO.

El presente proyecto corresponde a la construcción y operación de un Sistema para Distribución de Gas Natural por medio de ductos en el municipio de Cuautla, en el estado de Morelos a cargo de la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V..

El proyecto comprende de manera integral la instalación de 101 824.00 m (101.82 km) de tubería distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 1 Características del Sistema de distribución.

Especificaciones de la tubería	Longitud (m)
Gasoducto A.C. DN 100 mm (4") Esp. 0.216"	242.81
Gasoducto HDPE 4710 SDR 11 DN 200 mm (8") Esp. 0.783"	1.71
Gasoducto HDPE 4710 SDR 11 DN 150 mm (6") Esp. 0.602"	9 066.34
Gasoducto HDPE 4710 SDR 11 DN 100 mm (4") Esp. 0.409"	9 092.17
Gasoducto HDPE 4710 SDR 11 DN 80 mm (3") Esp. 0.319"	9 510.49
Gasoducto HDPE 4710 SDR 11 DN 50 mm (2") Esp. 0.216"	59 345.58
Gasoducto HDPE 4710 SDR 11 DN 20 mm (3/4") Esp. 0.094"	14 564.90
Total	101 824.00

El Sistema para Distribución de Gas Natural (SDGN) se localizará en su totalidad dentro del municipio de Cuautla, Mor.



El Análisis de Riesgos se realizó mediante la identificación de peligros consistente en una Lista de Verificación (LV) donde como resultado se obtiene que el proyecto dentro de su Diseño de Ingeniería cumple con el 60% de los requisitos establecidos en la NOM-007-ASEA-2016, mientras que el 4% de los requisitos de la NOM, la Promovente no presentó evidencia, por lo que dichos requisitos deberán ser subsanados durante el desarrollo de la Ingeniería Básica Extendida e Ingeniería de Detalle del presente proyecto.

El Análisis Cualitativo consistió en la elaboración de un Análisis HAZOP (para la ERMs) y un Análisis What If para las tuberías que conforman el sistema de distribución.

En el HAZOP participó un Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgos (GMAR), conformado por personal de Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V. (Promovente) y GM Laguna Ambiental e Industrial, S.C. (responsable de la elaboración del ARSH).

De la totalidad de escenarios evaluados, 3 (15%) recaen en la Zona de ALARP “B”, mientras que el resto equivalente a 20 (85%) recaen en la Zona de Riesgo Tolerable “C” y ningún escenario en la Zona de Riesgo No Tolerable.

Como resultado de la realización del análisis de riesgo mediante What If, se tiene los siguiente:

- Receptor de Riesgo Medio Ambiente (MA): 22 escenarios (25%) identificados,
- Receptor de Riesgo Población (Po): 22 escenarios (25%) identificados.

El riesgo existente por el manejo de Gas Natural por ductos es evidente, mismo que para el presente sistema de distribución se encuentra controlado mediante los instrumentos de seguridad, así como para la supervisión de las condiciones operativas del sistema, aunado a que la conducción por ductos de hidrocarburos es de los más seguros y confiables. Aunado a lo anterior, los programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, ayudan a anticiparse a cualquier falla mecánica o de operación que se pueda presentar.

Cabe mencionar que, el presente ARSH deberá actualizarse por lo menos cada 5 cinco años o cuando existan modificaciones no contempladas dentro del presente estudio, o en su caso, cuando la autoridad regulatoria lo establezca.

VII.2 INFORME TÉCNICO DEL ARSH.

El Informe Técnico del Análisis de Riesgos se incluye en el **Anexo 12**.