

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica



**DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE GAS NATURAL VEHICULAR PARA LA
CIUDAD DE AREQUIPA, DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y
RIVERO**

Tesis presentada por el Bachiller:
Yapo Monroy, Renato Richard
para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Asesor:
Dr. Valdez Loaiza, Juan Carlos

Arequipa- Perú
2023

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA MECANICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 26 de Agosto del 2023

Dictamen: 008032-C-EPIMMEM-2023

Visto el borrador del expediente 008032, presentado por:

2017803381 - YAPO MONROY RENATO RICHARD

Titulado:

**DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE GAS NATURAL VEHICULAR PARA LA CIUDAD DE AREQUIPA,
DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**29387211 - FERNANDEZ BARRIGA CAMILO GRIMALDO
DICTAMINADOR**



**30857994 - GORDILLO ANDIA CARLOS ALBERTO
DICTAMINADOR**



**29460348 - AREVALO DAZA JORGE LUIS
DICTAMINADOR**



DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE GAS NATURAL VEHICULAR PARA LA CIUDAD DE AREQUIPA, DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1%
2	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
3	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
5	revvialibre.com.mx Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru	<1%

9	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
11	biblioteca.olade.org Fuente de Internet	<1 %
12	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	scielo.senescyt.gob.ec Fuente de Internet	<1 %
15	INGEGAS SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA. "ITS para la Ampliación de Actividades para Proyecto de Instalación de Estación de Compresión de GNC - Zeta Gas Andino - Huachipa-IGA0019509", R.D. N° 087-2017-MEM/DGAAE, 2022 Publicación	<1 %
16	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	diariocorreo.pe Fuente de Internet	<1 %

18	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.utp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	PABLO LLORET BASSECOURT. "ESTADO DE LA TECNOLOGÍA EN LA CADENA DE VALOR DEL GAS NATURAL: APLICACIONES A NUEVOS PRODUCTOS Y SERVICIOS", Universitat Politecnica de Valencia, 2015 Publicación	<1 %
22	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	www.osinerg.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Universidad Técnica Nacional de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1 %
26	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %
27	INSETECO SRL. "DIA para la Instalación de Equipos y Accesorios para la Venta al Público	<1 %

de Gas Natural Vehicular (GNV) en la Estación de Servicios Servitor, San Martín de Porres - Lima-IGA0004318", R.D. N° 057-2007-MEM-AAE, 2021

Publicación

28

repositorio.ug.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

29

myslide.es

Fuente de Internet

<1 %

30

www.probdes.iiec.unam.mx

Fuente de Internet

<1 %

31

revistas.ucsp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

32

LOVERA BRIZUELA FELIX GASPAS. "DIA para la Instalación de Establecimiento de Venta al Público de Gas Natural Vehicular (GNV)- IGA0017999", R.D. N° 265-2012-MEM/AAE, 2022

Publicación

<1 %

33

bibliotecadigital.oducal.com

Fuente de Internet

<1 %

34

blog.pucp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

35

repositorio.unp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

www.cpgnv.org.pe

36

Fuente de Internet

<1 %

37

docslide.us

Fuente de Internet

<1 %

38

ri.pampaenergia.com

Fuente de Internet

<1 %

39

www.sat.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

40

PAZ FARFAN PEDRO ENRIQUE. "DIA para la Modificación - Ampliación de Un Establecimiento de Venta al Público de Combustible y GLP para Instalación de Un Establecimiento de Venta al Público de Gas Natural. Vehicular (GNV) en la Estación de Servicios Gasocentro - Orrantia-IGA0005200", R.D. N° 354-2010-MEM/AAE, 2022

Publicación

<1 %

41

[mail.munibustamante.gob.pe](mailto:munibustamante.gob.pe)

Fuente de Internet

<1 %

42

prezi.com

Fuente de Internet

<1 %

43

CLB TECNO LOGICA S.A.C. "MEIA de la Estación de Servicios Benavides para la Venta de GNV-IGA0014076", R.D. N° 393-2005-MEM/AAE, 2021

Publicación

<1 %

44	GAMIO ARATA CAROLA ELIZABETH. "DIA para la Instalación de Establecimiento de Venta al Público de Combustibles para GNV-IGA0018636", R.D. N° 030-2010-MEM/AAE, 2022 Publicación	<1 %
45	Submitted to University of Sheffield Trabajo del estudiante	<1 %
46	www.preprints.org Fuente de Internet	<1 %
47	MORALES CONDOR PERCY. "DIA para la Ampliación a Venta de Gas Natural Vehicular (GNV) de la Estación de Servicios Representaciones San Flor-IGA0018599", R.D. N° 906-2007-MEM/AAE, 2022 Publicación	<1 %
48	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
49	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
50	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
51	andina.pe Fuente de Internet	<1 %
52	gasvehicular.com Fuente de Internet	<1 %

53	nanopdf.com Fuente de Internet	<1 %
54	sciendo.com Fuente de Internet	<1 %
55	www.dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
56	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
57	es.wikipedia.org Fuente de Internet	<1 %
58	gestion.pe Fuente de Internet	<1 %
59	www.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
60	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1 %
61	TORRES LOPEZ ALDO JESUS. "DIA para la Modificación y/o Ampliación de una Estación de Servicios para la Instalación de un Establecimiento de Venta al Público de Gas Natural Vehicular (GNV)-IGA0008977", R.D. N° 146-2011-MEM/AAE, 2022 Publicación	<1 %
62	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

63

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

64

bauergroup.de

Fuente de Internet

<1 %

65

doku.pub

Fuente de Internet

<1 %

66

www.flexotek.com

Fuente de Internet

<1 %

67

CUADRADO BENITO RICARDO WILFREDO.
"DIA para la Ampliación y/o Modificación de
Establecimiento de Venta al Público de GNV
para Comercializar GNC, San Martín de
Porres - Lima-IGA0004327", R.D. N° 104-2014-
MEM/DGAAE, 2021

Publicación

<1 %

68

PACIFIC PROTECCION INTEGRAL DE
RECURSOS (PIR) SOCIEDAD ANONIMA
CERRADA. "DIA del Proyecto Masificación de
Uso de Gas Natural a Nivel Nacional -
Concesión Norte - Redes de Distribución -
Trujillo-IGA0004495", R.G.R. N° 228-2014-
GRLL-GGR/GREMH, 2022

Publicación

<1 %

69

[Submitted to Universidad Cesar Vallejo](#)

Trabajo del estudiante

<1 %

70

dergipark.org.tr

Fuente de Internet

<1 %

71

repositorio.upsc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

72

revistas.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

73

riull.ull.es

Fuente de Internet

<1 %

74

CONSULTORES TECNICOS INGENIEROS SRL..
"EIA Vías de Regularización de la Estación de
Servicio, Gasocentro, GNV y Líquidos de la
Estación de Servicios Delta-IGA0006588", R.D.
N° 300-2005-MEM/AAE, 2021

Publicación

<1 %

75

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

<1 %

76

bibliotecas.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

77

intranet.uwiener.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

78

propuestaciudadana.org.pe

Fuente de Internet

<1 %

79

Submitted to Universidad Peruana de
Ciencias Aplicadas

Trabajo del estudiante

<1 %

80

es.unionpedia.org

Fuente de Internet

<1 %

81

fdocuments.es

Fuente de Internet

<1 %

82

Dolores Hidalgo, Jesús M. Martín-Marroquín, Juan Castro. "Chapter 1 Wastewater as a Source of Heat Energy", Springer Science and Business Media LLC, 2023

Publicación

<1 %

83

Submitted to Universitat Politècnica de València

Trabajo del estudiante

<1 %

84

tangara.uis.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

85

www.santivanez.com.pe

Fuente de Internet

<1 %

86

www.spvs.gov.bo

Fuente de Internet

<1 %

87

"Meshed low voltage distribution system planning with special reliability standards.", Pontificia Universidad Catolica de Chile, 2016

Publicación

<1 %

88

Submitted to Universidad Privada Boliviana

Trabajo del estudiante

<1 %

89

es.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

<1 %

90

impla.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

91

infostore.saiglobal.com

Fuente de Internet

<1 %

92

repositorio.uandina.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

93

repositorio.unal.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

94

www.cleanairinstitute.org

Fuente de Internet

<1 %

95

www.paot.org.mx

Fuente de Internet

<1 %

96

www.polodelconocimiento.com

Fuente de Internet

<1 %

97

zdocs.tips

Fuente de Internet

<1 %

98

LECAROS CHAVEZ EDUARDO MARTIN. "DIA para la Instalación y Operación de Establecimiento de Venta al Público de Gas Natural Vehicular GNV-IGA0018284", R.D. N° 849-2007-MEM/AAE, 2022

Publicación

<1 %

99	Submitted to Universidad ESAN -- Escuela de Administración de Negocios para Graduados Trabajo del estudiante	<1 %
100	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
101	repositorio.uteq.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
102	www.definicion.xyz Fuente de Internet	<1 %
103	www.moraira.org Fuente de Internet	<1 %
104	AUDITA S.A.C.. "EIA de la Modificación de la Estación de Servicios Cantolao por Instalación de Un Establecimiento de Venta al Público de Gas Natural Vehicular (GNV)-IGA0020326", R.D. N° 360-2005-MEM/AAE, 2022 Publicación	<1 %
105	BENAVIDES LOPEZ ENRIQUE. "DIA para la Instalación y Operación de un Establecimiento de Venta al Público de Gas Natural Vehicular (GNV)-IGA0017793", R.D. N° 337-2009-MEM/AAE, 2022 Publicación	<1 %
106	CONSULTORIA CARRANZA E.I.R.L.. "Actualización del Plan de Manejo Ambiental del DAP de la Planta de Fabricación de	<1 %

Alimentos Balanceados para Aves de Corral,
Cuyes, Conejos, entre otros-IGA0013465",
R.D. N° 331-2018-PRODUCE/DVMYPE-
I/DGAAMI, 2021

Publicación

107 DONGO CATERIANO CESAR MANUEL. "ITS
para el Proyecto Instalación de un Gasocentro
de GNV con Unidad de Traspase de GNC y
Modificación de los Componentes de la
Estación de Servicios con Gasocentro de GLP
Torre Blanca-IGA0008974", R.D. N° 142-2017-
MEM/DGAAE, 2022

Publicación

108 INSETECO SRL. "DIA de la Estación de
Servicios Roma e Instalación y Operación de
Establecimiento de Venta al Público de Gas
Natural Vehicular (GNV) de la Empresa
Grifosa-IGA0008315", R.D. N° 117-2006-
MEM/AAE, 2021

Publicación

109 [docshare.tips](https://www.docshare.tips)
Fuente de Internet

110 dspace.unitru.edu.pe
Fuente de Internet

111 econet.carm.es
Fuente de Internet

112 eebb-uns.blogspot.com
Fuente de Internet

<1 %

113 lacamara.pe
Fuente de Internet

<1 %

114 lapublicidad.net
Fuente de Internet

<1 %

115 repositorio.unap.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

116 revistas.umch.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

117 sourceforge.net
Fuente de Internet

<1 %

118 www.costosperu.com
Fuente de Internet

<1 %

119 www.destimap.com
Fuente de Internet

<1 %

120 www.ptolomeo.unam.mx:8080
Fuente de Internet

<1 %

121 www.spanishdict.com
Fuente de Internet

<1 %

122 www.todostartups.com
Fuente de Internet

<1 %

123 www2.project-syndicate.org
Fuente de Internet

<1 %

124	EVALUACIONES AMBIENTALES PARA LA SOSTENIBILIDAD S.A.C.. "PAD - Estación de Servicio La Calera-IGA0018989", R.D. N° 167-2021-MINEM/DGAAH, 2022 Publicación	<1 %
125	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
126	doaj.org Fuente de Internet	<1 %
127	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
128	futur.upc.edu Fuente de Internet	<1 %
129	leyes.congreso.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
130	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
131	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
132	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
133	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

[worldwidescience.org](https://www.worldwidescience.org)

134	Fuente de Internet	<1 %
135	www.agroideas.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
136	www.dailyfx.com Fuente de Internet	<1 %
137	www.dip-badajoz.es Fuente de Internet	<1 %
138	www.ecorfan.org Fuente de Internet	<1 %
139	www.oportunidadesenred.com Fuente de Internet	<1 %
140	www.przetargi.info Fuente de Internet	<1 %
141	www.todoconmotor.es Fuente de Internet	<1 %
142	DQ ASESORIA & CONSULTORIA E.I.R.L.. "DAA de la Actividad Servicios de Recuperación de Metales Preciosos de la Planta de Desorción de Carbón Activado-IGA0017760", R.D. N° 00614-2021-PRODUCE/DGAAMI, 2022 Publicación	<1 %
143	ECOLOGIA Y TECNOLOGIA AMBIENTAL S.A.C. "ITS del Proyecto de Conexión de una Línea de Gas Natural a la Planta de Fabricación de	<1 %

Productos Farmacéuticos IQFARMA - Ate-IGA0012350", R.D. N° 119-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020

Publicación

144

LUPERDIGA TORRES JOSE CARLOS. "ITS para la Modificación y Ampliación de una Estación de Servicios de Venta de Combustibles Líquidos a Gasocentro de GLP de uso Automotor, de la Estación de Servicios San José-IGA0014037", R.G.E. N° 52-2021-GR.LAMB/GEEM, 2021

Publicación

<1 %

145

Michael Schorr Wiener. "Corrosión y preservación de la infraestructura industrial", Omnia Publisher SL, 2013

Publicación

<1 %

146

PACHECO OLIVA JOSE LUIS. "DIA del Proyecto Instalación de la Estación de Servicios Mixta de GNV y GLP y Estación de Carga GNC-IGA0020308", R.D. N° 180-2016-MEM/DGAEE, 2022

Publicación

<1 %

147

RAYMONDI QUISPE WILLIAM PEDRO. "DIA del Proyecto de Instalación de un Establecimiento de Venta al Público de Combustibles Líquidos, GLP y GNV para Uso Automotor y, una Unidad de Trasvase de GNC-IGA0016108", R.D. N° 006-2022-MINEM/DGAAH, 2022

Publicación

<1 %

148	REATEGUI ARANA JULIO. "DIA para Instalación de Planta de Gas Natural Comprimido (GNC)- IGA0002421", R.D. N° 341-2008-MEM/AAE, 2021 Publicación	<1 %
149	aenmovimiento.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
150	bibliotecavirtualoducal.uc.cl Fuente de Internet	<1 %
151	cidesi.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	<1 %
152	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
153	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
154	pdfcoffee.com Fuente de Internet	<1 %
155	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
156	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
157	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
158	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

<1 %

159 repositorioinstitucional.buap.mx
Fuente de Internet

<1 %

160 repository.usta.edu.co
Fuente de Internet

<1 %

161 www.dropbox.com
Fuente de Internet

<1 %

162 www.gfinter.com
Fuente de Internet

<1 %

163 www.irs.gov
Fuente de Internet

<1 %

164 www.leyesdelperu.com
Fuente de Internet

<1 %

165 www.minem.gob.pe
Fuente de Internet

<1 %

166 www.olade.org.ec
Fuente de Internet

<1 %

167 www.peruwonder.com
Fuente de Internet

<1 %

168 www.tdx.cat
Fuente de Internet

<1 %

169 PUESCAS DELGADO LOT ANTONIO. "PAP de
los Tanques de Almacenamiento de

<1 %

Combustibles Líquidos, Tanque de GLP y de la Unidad de Trasvase de GNC-IGA0013358", R.D. N° 224-2018-MEM/DGAAE, 2021

Publicación

170 RODRIGUEZ BENTIN ROXANA CARMEN. "DIA para Proyecto de Ampliación de Estación de Servicios para la Instalación de un Establecimiento de Venta de Gas Natural Vehicular (GNV) de la Empresa Estación de Servicios El Triángulo-IGA0007409", R.D. N° 192-2011-MEM/AAE, 2020

Publicación

171 SANTILLAN CHUMPITAZ RICARDO LEONIDAS. "Plan de Abandono de la Estación de Compresión de Gas Natural Comprimido (GNC)-IGA0002424", R.D. N° 437-2019-MEM/DGAAH, 2022

Publicación

172 repositorio.untels.edu.pe

Fuente de Internet

173 GAMARRA SUPO JOSE LUIS. "ITS de Modificación en una Estación de Servicios con Gasocentro de GLP y Establecimiento de Venta al Público de GNV-IGA0016539", R.D.R. N° 007-2020/GORE-ICA/DREM, 2022

Publicación

174 PUESCAS DELGADO LOT ANTONIO. "ITS del Proyecto de Modificación del Programa de

Monitoreo Ambiental de la Estación de Servicios con Gasocentro de Gas Licuado de Petróleo (GLP) y Gas Natural Vehicular (GNV) para Uso Automotor de la Empresa Gasbra-IGA0007436", R.D. N° 423-2017-MEM/DGAAE, 2020

Publicación

175

www.elindependiente.com

Fuente de Internet

<1 %

176

www.voltairenet.org

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

DEDICATORIA

“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa”

Este trabajo de investigación está dedicado a mis padres por su enorme esfuerzo y sacrificio para brindarme la posibilidad de tener una formación profesional, y que ahora pueden verme lograr mis objetivos.



AGRADECIMIENTOS

Es grato manifestar mi agradecimiento a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica por las enseñanzas brindadas durante mi formación profesional.

Asimismo, agradezco al Dr. Juan Carlos Valdez Loaiza por la experiencia y colaboración en el desarrollo de este trabajo de investigación.



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se enfoca en el diseño de una estación de Gas Natural Vehicular (GNV) en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa. Se presenta la distribución de planta de los equipos necesarios para la compresión y expendio del gas natural vehicular, de acuerdo con la normativa peruana aplicable. Sobre este diseño se realizó el dimensionamiento y trazado de tuberías, las instalaciones mecánicas, las instalaciones eléctricas y el sistema de seguridad en la estación de GNV.

El sistema cuenta con una estación de regulación y medición, la cual recibe el gas natural entregado por la concesionaria, es regulado a 5,00 bar e ingresa al recinto de compresión y almacenamiento, donde se eleva la presión del fluido hasta los 250,00 bar y es almacenado en las baterías de cilindros, donde se conecta mediante tuberías hacia el surtidor de GNV, que entregará el fluido a los vehículos hasta llegar a una presión de 200,00 bar, es ahí donde el compresor se activará para elevar la presión hasta los 250,00 bar nuevamente.

El presupuesto para poner en funcionamiento la estación de GNV asciende a los S/. 1 386 644,00; sin embargo, el impacto del proyecto beneficiará a todo el parque automotor de la ciudad de Arequipa y será un precedente para la renovación energética en el sur de nuestro país.

Palabras clave: gas natural vehicular, estación de GNV, compresión del gas natural.

ABSTRACT

The following research work focuses on the design of a Vehicular Natural Gas station (VNG) in the district of Jose Luis Bustamante y Rivero, province of Arequipa, department of Arequipa.

The distribution of the plant and necessary equipment is presented for the compression and expenditure of natural vehicular gas, in accordance with the current Peruvian regulations. Based on this design, the sizing and routing of pipes, mechanical installations, electrical installations, and the security system at the VNG station were carried out.

The system has a regulation and measurement station, which receives the natural gas delivered by the concessionaire regulated at 5,00 bar pressure and enters the compression and storage area, where the fluid pressure is raised until 250,00 bar is reached and then stored in the cylinder batteries, where it's connected by pipes to the VNG dispenser that will deliver the fluid to the vehicles until it reaches a 200,00 bar pressure that will activate the compressor, rising again to 250,00 bar pressure.

The budget for the commissioning of the NGV station amounts to S/. 1 386 644,00; however, the impact of the project will benefit the entire vehicle fleet of the city of Arequipa and will be a precedent for energy renewal in the south of our country.

Keywords: vehicular natural gas, NGV station, natural gas compression.

ÍNDICE

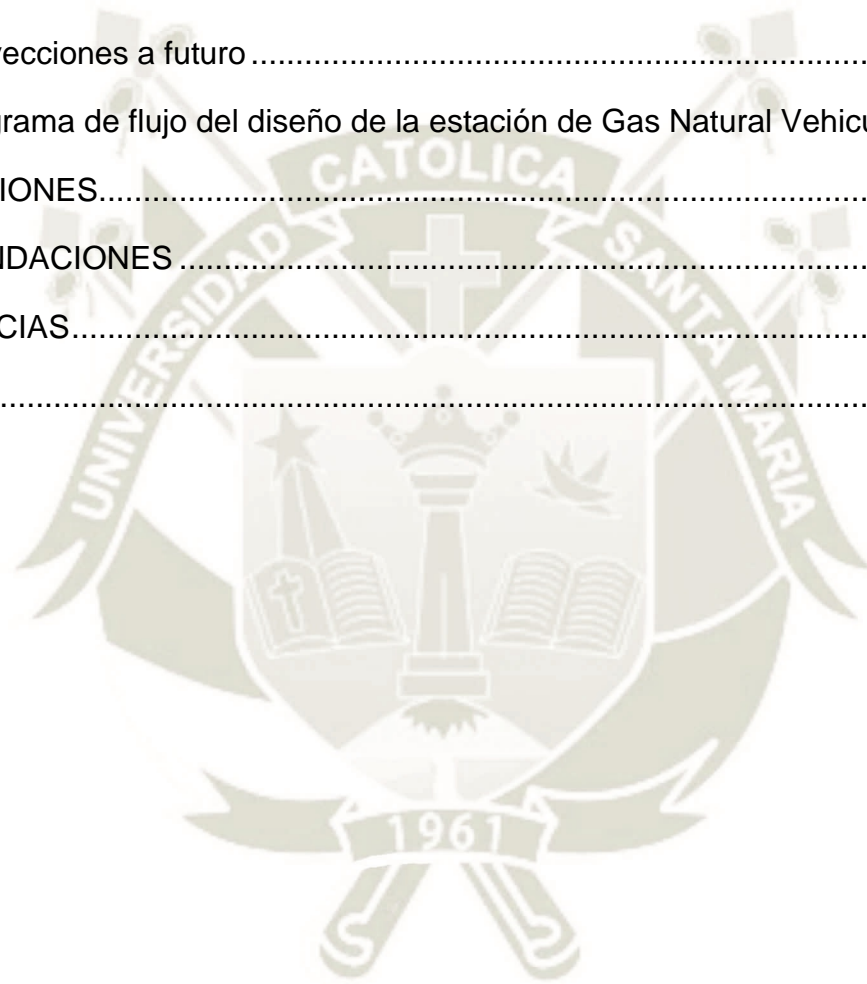
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
NOMENCLATURA.....	xvi
INTRODUCCIÓN	20
CAPÍTULO I:	22
PLANTEAMIENTO TEÓRICO.....	23
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	23
1.1. Descripción del Problema.....	23
1.2. Objetivos.....	24
1.2.1. Objetivo General.....	24
1.2.2. Objetivos Específicos.....	24
1.3. Hipótesis.....	25
1.4. Alcances	25
1.5. Justificación	26
1.6. Limitaciones.....	27
2. MARCO TEÓRICO	28
2.1. Gas Natural	28
2.1.1. Composición del Gas Natural	29

2.1.2. Propiedades del gas natural	29
2.1.3. Gas Natural en el Perú.....	30
2.1.4. Cadena de Valor del Gas Natural	32
2.2. Gas Natural Vehicular.....	36
2.2.1. Características	36
2.2.2. Gas Natural Vehicular en el mundo	37
2.2.3. Gas Natural Vehicular en el Perú.....	37
2.2.4. Ventajas del Gas Natural Vehicular	40
2.2.5. Desventajas del Gas Natural Vehicular.....	44
3. MARCO NORMATIVO	45
3.1. Marco normativo en el Perú.....	45
CAPÍTULO II:	47
PLANTEAMIENTO OPERACIONAL	48
1. FACTIBILIDAD DEL PROYECTO.....	48
1.1. Proyección del mercado de Vehículos de Gas Natural Vehicular.....	48
1.1.1. Proyección de Vehículos a Gas Natural Vehicular.....	48
1.1.2. Costo de conversión de Vehículos de Gas Natural.....	49
1.1.3. Ahorro en los vehículos de Gas Natural Vehicular.....	50
1.1.4. Financiamiento en los vehículos de Gas Natural Vehicular	53
1.2. Ubicación	53
1.2.1. Normativa aplicable.....	54
1.2.2. Áreas de influencia	55
1.2.3. Parámetros urbanísticos	55
1.2.4. Suministro eléctrico en la zona	58
1.2.5. Acometida virtual de la concesionaria.....	60

2. INGENIERÍA DEL PROYECTO	62
2.1. Diseño de la Estación de Gas Natural Vehicular	62
2.1.1. Demanda de la estación de Gas Natural Vehicular	62
2.1.2. Caudal de la estación de GNV	68
2.2. Estación de Regulación y Medición	70
2.2.1. Sistema de regulación y medición	70
2.2.2. Diseño de la estación de regulación y medición	70
2.3. Recinto de Compresión y Almacenamiento	71
2.3.1. Sistema de compresión.....	72
2.3.2. Almacenamiento de Gas Natural Vehicular	74
2.4. Isla de Despacho	79
2.4.1. Surtidor de Gas Natural Vehicular	79
2.4.2. Selección del surtidor de Gas Natural Vehicular	81
2.5. Diseño de las tuberías	81
2.5.1. Caída de presión según la Ecuación de Weymouth	82
2.5.2. La fórmula simplificada de Darcy	83
2.5.3. Longitud equivalente de válvulas y accesorios	84
2.5.4. Diámetro y espesor nominal de tubería.	85
2.5.5. Velocidad del flujo.....	86
2.5.6. Uso de software para la evaluación de resultados.....	87
2.5.7. Cálculos realizados	93
2.6. Selección de accesorios y válvulas	96
2.6.1. Tuberías de media presión	96
2.6.2. Tuberías de alta presión	97
2.6.3. Estación de regulación y medición.....	98

2.7. Diseño del Sistema De Seguridad	99
2.7.1. Protección Catódica	99
2.7.2. Detectores de Gas	101
2.7.3. Puesta a tierra.....	101
2.7.4. Hidrantes contraincendios y Extintores	104
2.7.5. Señales de seguridad	104
2.7.6. Paradas de emergencia	104
2.8. Diseño de la Electrolinera	105
2.8.1. Selección de la electrolinera	107
2.9. Diseño del Sistema Eléctrico	108
2.9.1. Factor de simultaneidad.....	108
2.9.2. Intensidad de corriente de diseño	109
2.9.3. Sección del conductor eléctrico	110
2.9.4. Caída de tensión según sección mínima	111
3. EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	114
3.1. Costos de inversión	114
3.1.1. Activo fijo tangible	114
3.1.2. Activo fijo intangible	115
3.1.3. Gastos preoperativos.....	116
3.2. Costos de operación.....	117
3.2.1. Costos directos	117
3.2.2. Costos indirectos	119
3.3. Precio de venta del Gas Natural Vehicular	121
3.4. Evaluación económica.....	121
3.4.1. Condiciones de la inversión	121

3.4.2. Flujo de caja económico y financiero	123
CAPÍTULO III:	125
RESULTADOS	126
1. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	126
1.1. Diseño de la estación de Gas Natural Vehicular.....	126
1.2. Proyecciones a futuro	128
1.3. Diagrama de flujo del diseño de la estación de Gas Natural Vehicular	129
CONCLUSIONES.....	131
RECOMENDACIONES	133
REFERENCIAS.....	135
ANEXOS	141



ÍNDICE DE TABLAS

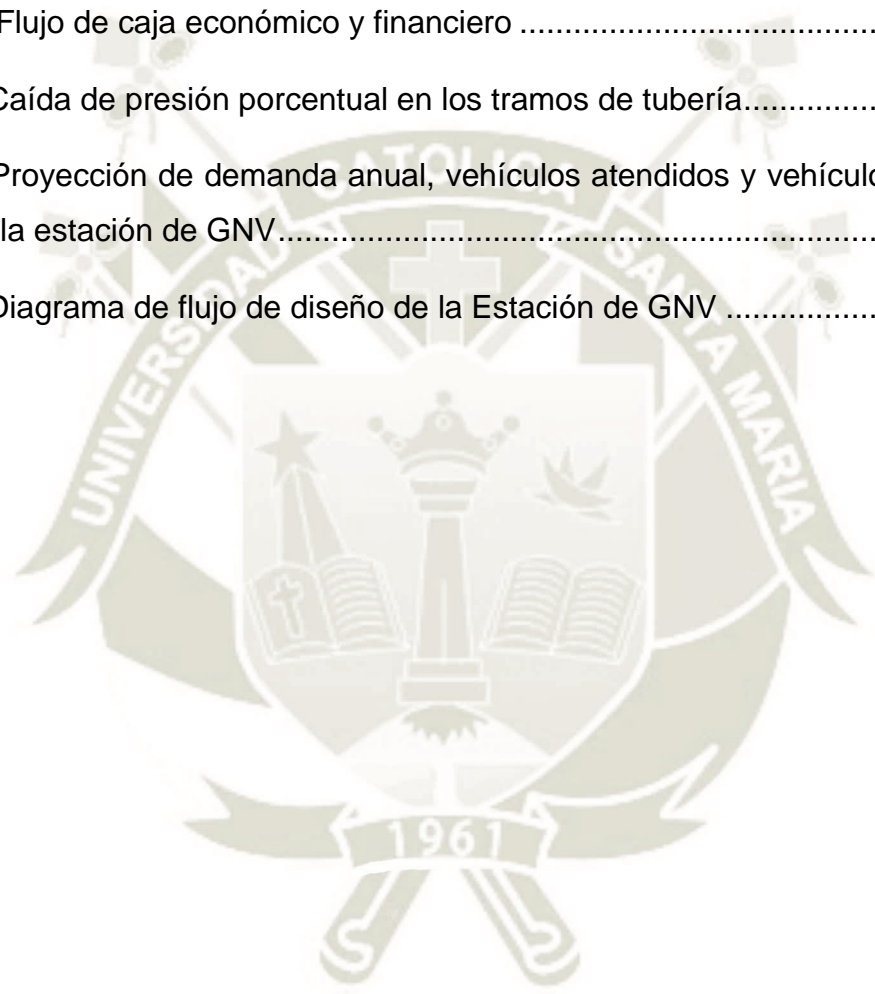
Tabla 1 Composición típica del gas natural en el Perú.	29
Tabla 2 Número de estaciones de GNV activas por región.....	39
Tabla 3 Gasto en el consumo según combustible para un vehículo liviano de servicio.	50
Tabla 4 Equivalencia energética de un galón de gasolina.	51
Tabla 5 Capacidad calorífica de combustibles empleados en la industria.	51
Tabla 6 Comparación de precios según equivalentes energéticos	52
Tabla 7 Áreas de influencia de la estación de Gas Natural Vehicular	55
Tabla 8 Parámetros del estudio de mercado.....	65
Tabla 9 Mercado objetivo según participación de mercado	66
Tabla 10 Volumen de GNV según capacidad del tanque instalado en el vehículo	69
Tabla 11 Características del compresor seleccionado	73
Tabla 12 Factor RV, RPS y RPC	74
Tabla 13 Valores de diseño del recipiente de almacenamiento de GNV.....	76
Tabla 14 Características de la batería de cilindros seleccionada.....	77
Tabla 15 Características del surtidor seleccionado.....	81
Tabla 16 Factores de diseño según la Ecuación (5.6)	86
Tabla 17 Longitud equivalente total de los tramos de tubería	93
Tabla 18 Diámetro interno y espesor de tubería calculado	94
Tabla 19 Diámetro nominal y espesor de tubería comercial seleccionada.....	94
Tabla 20 Caída de presión en los tramos de tuberías.....	95

Tabla 21 Caída de presión según la Fórmula Simplificada de Darcy y el software PIPE FLOW EXPERT.....	96
Tabla 22 Características del ánodo de sacrificio.....	99
Tabla 23 Número de ánodos de sacrificio requeridos.....	101
Tabla 24 Modos de carga de los vehículos eléctricos.....	106
Tabla 25 Características de la electrolinera seleccionada.....	108
Tabla 26 Capacidad instalada, factor de simultaneidad y tensión requerida por equipo.....	109
Tabla 27 Conductores eléctricos y caídas de tensión.....	113
Tabla 28 Costos de inversión.....	114
Tabla 29 Costo de activo fijo tangible.....	115
Tabla 30 Costo activo fijo intangible.....	116
Tabla 31 Costos gastos preoperativos.....	116
Tabla 32 Precio de compra del Gas Natural.....	117
Tabla 33 Costo del personal directo.....	118
Tabla 34 Consumo de energía en la estación de GNV.....	119
Tabla 35 Costo del personal indirecto.....	119
Tabla 36 Costos de servicio indirectos.....	120
Tabla 37 Precio de venta del Gas Natural Vehicular.....	121
Tabla 38 Condiciones de la inversión.....	122
Tabla 39 Condiciones del financiamiento.....	122
Tabla 40 Consolidado anual de la deuda adquirida.....	123
Tabla 41 Velocidades del fluido en los tramos de tubería.....	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Matriz de consumo de Energía en el Perú.	32
Figura 2 Estaciones de Servicio y Talleres de Conversión de GNV.....	38
Figura 3 Emisiones mitigadas de CO2 en el sector vehicular, 2006 – 2019	41
Figura 4 Ahorros generados por el uso del GNV en el Perú a febrero del 2023	43
Figura 5 Precios promedio del GNV y gasolina 90 octanos	44
Figura 6 Total de vehículos en Arequipa, proyección al 2028.....	49
Figura 7 Precio por cada 100 MJ de combustibles empleado en el Perú	52
Figura 8 Plan de Desarrollo Metropolitano PDM 2016-2025 para la estación de GNV.....	57
Figura 9 Ubicación de las redes eléctricas cercanas a la estación de GNV.....	59
Figura 10 Ubicación de las redes de GN cercanas a la estación de GNV	61
Figura 11 Venta de GNV en Lima versus Venta de GNV en provincia	62
Figura 12 Vehículos activos GNV por estaciones de carga	64
Figura 13 Esquema de la Estación de Regulación y Medición.....	71
Figura 14 Sistema “Fast fill” en una estación de GNV.....	72
Figura 15 Efecto del factor RP_c y el factor RP_s en el factor RV	75
Figura 16 Número de arranques de compresores en el ciclo de una hora.....	79
Figura 17 Interfaz principal de Engineering Equation Solver.....	88
Figura 18 Ecuación de Weymouth en el EES	89
Figura 19 Fórmula de velocidad del fluido en el EES.....	89

Figura 20 Ecuación (5.6) en el EES	90
Figura 21 Fórmula simplificada de Darcy en el EES	90
Figura 22 Interfaz principal del PIPE FLOW EXPERT	92
Figura 23 Capacidad de corriente de conductores de cobre aislados.....	111
Figura 24 Flujo de caja económico y financiero	124
Figura 25 Caída de presión porcentual en los tramos de tubería.....	126
Figura 26 Proyección de demanda anual, vehículos atendidos y vehículos por día de la estación de GNV.....	129
Figura 27 Diagrama de flujo de diseño de la Estación de GNV	130



NOMENCLATURA

Símbolo	Descripción	Unidad
q_g	Caudal	$\left[\frac{pie^3}{día}\right]$
q	Caudal estimado	$\left[\frac{Sm^3}{min}\right]$
K_r	Coefficiente de resistencia al flujo	[-]
J	Densidad de corriente	$\left[\frac{A}{m^2}\right]$
d	Diámetro interno de la tubería	[pulg]
d_e	Diámetro del electrodo	[m]
D	Diámetro nominal de la tubería	[pulg]
t	Espesor nominal de la pared	[pulg]
Z	Factor de compresibilidad	[-]
F_c	Factor de consumo	[-]
C_1	Factor de descarga	[-]
F	Factor de diseño	[-]
E	Factor de eficiencia de la tubería	[-]
f	Factor de fricción	[-]
E	Factor de junta longitudinal	[-]
$Cos\phi$	Factor de potencia	[-]
T_t	Factor de reducción de la temperatura	[-]
f_s	Factor de simultaneidad	[-]

C_2	Factor de tamaño	[—]
F_u	Factor de utilización	[—]
S	Gravedad específica del gas a condiciones estándar	[—]
I_p	Intensidad de corriente	[A]
I_d	Intensidad de corriente de diseño del circuito	[A]
I_n	Intensidad de corriente nominal del circuito	[A]
S_f	Límite de fluencia mínimo especificado	[psi]
L_m	Longitud de la tubería	[millas]
L	Longitud de la tubería	[m]
L_c	Longitud del conductor eléctrico	[m]
L_e	Longitud equivalente	[m]
M	Masa del gas natural	[kg]
MD	Máxima demanda de potencia	[W]
W	Peso del ánodo	[lb]
P	Potencia	[W]
P	Presión	[psi]
P_b	Presión base	[psi]
R_e	Resistencia del electrodo	[Ω]
T	Temperatura	[R]
T_b	Temperatura base	[R]
t_t	Tiempo de llenado del tanque	[min]

v	Velocidad lineal del fluido	$\left[\frac{m}{s}\right]$
V_d	Vida útil del ánodo	[años]
V_n	Voltaje nominal	[V]
V	Volumen	$[m^3]$
V_t	Volumen del tanque de almacenamiento	$[Sm^3]$

Símbolos griegos

Símbolo	Descripción	Unidad
ΔP_{100}	Caída de presión por cada 100 pies	[psi]
ΔV	Caída de tensión permitida	[V]
γ	Conductividad del conductor eléctrico	$[m/\Omega * mm^2]$
ρ	Densidad	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$
ρ_t	Resistividad del terreno	$[\Omega \cdot m]$

Subíndices

Símbolo	Descripción
$prom$	Promedio

Siglas

Abreviatura	Significado
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
DB5	Diésel B5

ERM	Estación de Regulación y Medición
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GNC	Gas Natural Comprimido
GNL	Gas Natural Licuado
GNV	Gas Natural Vehicular
INDECOPI	Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual
MINEM	Ministerio de Energía y Minas
NTP	Norma Técnica Peruana
PQS	Polvo Químico Presurizado
RCA	Recinto de Compresión y Almacenamiento
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto

INTRODUCCIÓN

El Perú posee notables reservas probadas de gas natural, que vienen siendo explotadas desde hace dos décadas para el consumo interno y exportación. Actualmente, nuestro país aprovecha el gas natural en generación eléctrica, como fuente de energía térmica de industrias, consumo domiciliario y combustible de vehículos. El empleo del gas natural como combustible para vehículos es una tendencia mundial en países desarrollados de occidente y oriente, sin embargo, en el Perú se ve limitado por la infraestructura, normativa e inversión que contribuyan en desarrollar esta industria (Tamayo et al., 2017).

De acuerdo con Márquez (2013), el gas natural promedia un costo de S/.40,00 por MMBTU, precio significativamente menor a la gasolina (sustituto inmediato como combustible vehicular) que, en el último año elevó su precio de venta en todo el mundo debido a la crisis económica en Europa. En este sentido, resulta atractivo expender de manera comercial el gas natural mediante una estación de servicio, con la oportunidad de renovar el parque automotor siendo más eficiente, disminuyendo las emisiones contaminantes y reduciendo costos en los usuarios finales.

En el presente trabajo de investigación se diseñó una estación de servicio de Gas Natural Vehicular (GNV) siguiendo las recomendaciones de la Norma Técnica Peruana (NTP) 111.019 propuesta por INDECOPI en el año 2007 y normativas equivalentes que son aplicables en la distribución del gas natural en nuestro país. Se abordó la compresión del gas natural hasta elevadas presiones (250 bar) y el transporte mediante tuberías a

lo largo del recinto, llevando el hidrocarburo hacia los surtidores que entregarán el fluido a los usuarios finales, es decir, los vehículos a GNV.





CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO TEÓRICO

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

En la actualidad, es relevante como los países del mundo abordan la “transición energética”, donde la industria busca un sistema energético sostenible, inclusivo y seguro que brinde soluciones y asegure la competitividad en el mercado; es en este contexto donde el Gas Natural se muestra como el “nexo” para este desafío (Porles, 2019).

El Perú posee notables reservas de gas natural en el departamento de Ucayali (Lote 31C) y en el departamento de Cusco (Lote 56, Lote 57, Lote 88 y Lote 58) que vienen siendo explotadas en las últimas décadas, impulsadas por el proyecto Camisea (2004). Según Porles (2019), nuestro país dispone de suficientes reservas para acompañar una transición energética por varias décadas. Los volúmenes de producción son empleados el mercado de exportación y en el mercado interno, aplicando en la generación eléctrica, como fuente de energía de industrias, para el consumo domiciliario, comercial y combustible de vehículos (Tamayo et al., 2017).

La participación del gas natural en el transporte de vehículos aún es reducida, siendo el 6,70% del consumo interno para el año 2016 y en nuestro país, el parque automotor no se ha renovado y existe desinformación sobre este combustible, falta de

proyectos de investigación e inversión en esta materia. Existen establecimientos que expenden gas natural vehicular en las ciudades de Lima, Callao, Ica, Junín, Cusco, Áncash, La Libertad y Piura. Sin embargo, en la ciudad de Arequipa aún no existen estaciones que distribuyan este combustible alternativo, limitando el uso y renovación del parque automotor (Porles, 2019; Tamayo et al., 2017).

Existe gran número de vehículos en la ciudad de Arequipa, siendo la segunda ciudad más grande del Perú y, por lo tanto, se espera que exista una demanda potencial de Gas Natural Vehicular que no ha sido cubierta debido a la falta de proyectos de inversión en establecimientos que expendan este combustible.

Por lo tanto, se realizó el diseño de la estación de servicio de Gas Natural Vehicular en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, en la ciudad de Arequipa que cubrirá la demanda potencial de este combustible en el año 2025, siendo una alternativa rentable para la inversión y promoviendo el uso del gas natural como una alternativa más limpia y menos costosa frente a los demás combustibles sustitutos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Realizar el diseño mecánico de una estación de Gas Natural Vehicular para el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, ciudad de Arequipa.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar el mercado de los vehículos a Gas Natural Vehicular en la ciudad de Arequipa.

- Verificar la viabilidad urbanística del predio seleccionado para la estación de Gas Natural Vehicular.
- Identificar el proceso de compresión y almacenamiento de gas natural vehicular, acorde con la Norma Técnica Peruana 111.019 y equivalentes.
- Calcular la demanda proyectada, el caudal necesario, capacidad de almacenamiento y caídas de presión en la estación de Gas Natural Vehicular.
- Seleccionar los equipos y dispositivos que aseguren un óptimo funcionamiento de la estación de Gas Natural Vehicular.
- Evaluar económicamente la inversión y rentabilidad del diseño de la estación de Gas Natural Vehicular.
- Dibujar planos de arquitectura básica, distribución mecánica y detalles, instalaciones eléctricas y distribución del sistema de seguridad

1.3. Hipótesis

El diseño de la estación de Gas Natural Vehicular en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero cubrirá la demanda proyectada de vehículos de GNV.

1.4. Alcances

El presente trabajo de investigación abordó el diseño de la estación de GNV, para la puesta en marcha en el año 2025, desde la acometida entregada por el concesionario hasta la entrega del combustible hacia los usuarios. En la acometida se entrega el GN a bajas presiones mediante tuberías, siendo necesario describir el proceso de compresión y almacenamiento para elevar la presión del fluido hasta los valores requeridos. El cálculo de la demanda de vehículos usuarios de la estación se proyectó respecto a las

estadísticas nacionales, siendo necesario una estación de GNV para la conversión de vehículos a este combustible. La entrega de combustible al vehículo es empleando un surtidor, siendo este el último punto del diseño de la estación de GNV. Resulta necesario dibujar planos de arquitectura básica, distribución mecánica y detalles, instalaciones eléctricas y distribución del sistema de seguridad.

1.5. Justificación

La masificación del gas natural desde la puesta en marcha del proyecto Camisea en 2004 no ha logrado la expansión deseada en el consumo interno, salvo la generación eléctrica donde el 70,00 % de la matriz energética se basa en gas natural. Existe una brecha marcada en los sectores industriales y vehiculares, que demandan mucho más los derivados del petróleo, siendo necesario aumentar la demanda para generar beneficios económicos y ambientales (Porles, 2019).

El uso de gas natural para vehículos (GNV) en la industria ofrece costos competitivos y un servicio continuo del combustible. Tiene bajos costos en el mantenimiento de los equipos y no requiere procesamiento adicional para su uso, como otros combustibles sustitutos. Sin embargo, las conversiones de vehículos a GNV no continuaron la tendencia del año 2014, donde se convirtieron 26 080,00 vehículos, y descendiendo a 19 109,00 vehículos en el año 2019 (Garamendi & Wakeham, 2019).

Por lo tanto, el diseño de un proyecto de gas natural vehicular (GNV) en la ciudad de Arequipa sienta un precedente para el uso de este combustible alternativo, permitiendo aportar al desarrollo de esta industria, que beneficiará económicamente a los usuarios finales, ambientalmente a nuestra ciudad y socialmente en promover el uso

de gas natural. Asimismo, los resultados de esta investigación despiertan el interés en este campo de estudio, modificando, mejorando y planteando nuevos diseños para el aprovechamiento de este recurso en nuestro país.

1.6. Limitaciones

- No se cuenta con el Informe Técnico Favorable (ITF) de la estación de GNV, que es aprobada por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), sin embargo, el presente trabajo sirve como base documental para la elaboración del ITF.
- No se cuenta con la aprobación de los planos generados en este trabajo, los cuales tienen que ser validados en primera instancia por especialistas habilitados en el colegio profesional correspondiente para la ejecución civil, mecánica y eléctrica; y en segunda instancia, por la Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, como parte de la Licencia de Funcionamiento de la estación de GNV.
- No se cuenta con el Certificado de Inspección Técnica de Seguridad de las instalaciones de la estación de GNV, emitido por el INDECI.
- No se cuenta con la acreditación de la empresa SEDAPAR que asegure abastecimiento constante de la red pública de agua para los hidrantes o grifos contra incendios que estén ubicados en los alrededores de la estación de GNV.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Gas Natural

Es una mezcla gaseosa de hidrocarburos saturados, sobre todo el metano CH_4 (entre un 80 y 95%) quedando el resto integrado por etano, propano, butano y superiores. También incluye otros compuestos no asociados tales como H_2O , CO_2 , H_2S , etc. El gas natural es una fuente de energía limpia, produce menos emisiones contaminantes al no contener azufre ni plomo, disminuyendo hasta 97% las emisiones producidas por los derivados del petróleo (Corrales, 2021).

Esta es una de las principales fuentes energéticas alrededor del mundo, la cual viene siendo aprovechada en actividades comerciales e industriales. Asimismo, el uso del gas natural es mucho más seguro, siendo no tóxico ni corrosivo en las tuberías y en los equipos. En caso de fuga, al ser más liviano que el aire se disipa a la atmósfera de manera rápida (Uscamayta & Cortez, 2019).

Este hidrocarburo es utilizado como combustible en la industria, reemplazando a otros combustibles líquidos (como el petróleo, carbón, querosene, etc.). Empleado ampliamente en la generación eléctrica e industrias donde se empleen quemadores, hornos, calderas, secadores industriales que necesitan un flujo continuo de combustible (como la industria de los cerámicos, vidrios, aceros, etc.) También es utilizado como combustible de vehículos adaptados a GNV. El gas natural también es empleado como materia prima en la industria petroquímica, tratando el metano, etano y sus derivados para la elaboración de plásticos; en la industria del fertilizante, para la producción de

amoniaco y urea; y, para la producción de hidrógeno como derivado (Tamayo et al., 2017).

2.1.1. Composición del Gas Natural

Su composición varía según el yacimiento y el proceso de extracción empleado, por lo que puede diferir en ciertas locaciones. En la Tabla 1 se presenta la composición típica del gas natural del Proyecto Camisea (Zereceda, 2018).

Tabla 1

Composición típica del gas natural en el Perú.

Elemento	Nomenclatura	Composición (%)	Estado Natural
Metano	CH_4	88,166	Gas
Etano	C_2H_4	10,284	Gas
Propano	C_3H_8	0,535	Gas Licuable (GLP)
Butano	C_4H_{10}	0,025	Gas Licuable (GLP)
Pentano	C_5H_{12}	0,002	Líquido
Hexano	C_6H_{14}	0,010	Líquido
Nitrógeno	N_2	0,725	Gas
Gas Carbónico	CO_2	0,253	Gas

Nota. Adaptado de OSINERGMIN, Distribución de gas natural-Tumbes, Nevado (2014)

2.1.2. Propiedades del gas natural

Según Uscamayta & Cortez (2019), podemos mencionar:

- Estado gaseoso a temperaturas superiores a $-126,00\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- Inodoro, incoloro, no tóxico al fluir del yacimiento.
- Es más liviano que el aire, con una densidad relativa de 0,60.
- Su temperatura de ebullición es -162,00 °C.
- La temperatura de autoencendido es de 650,00 a 700,00 °C.
- Poder calorífico de $33,30 - 34,10 \frac{MJ}{m^3}$ o $48,90 - 50,10 \frac{MJ}{kg}$.

2.1.3. Gas Natural en el Perú

En las últimas décadas, el uso del gas natural en los países más desarrollados paso de ser una alternativa a una realidad. Nuestro país no fue ajeno a esta tendencia mundial, muy a pesar de las limitaciones técnicas y de recursos por parte de las instituciones civiles y privadas. A principio de la década de los ochenta se descubrió el primer yacimiento de gas asociado en la selva sur de nuestro país, denominado el Lote 31C. Ya en la década de los noventa se descubrieron los yacimientos en la selva del departamento de Cusco, conocidos como el Lote 56, Lote 57, Lote 88 y el Lote 58. Sin embargo, el desarrollo de estos yacimientos se retrasó por cuestiones y discrepancias políticas, hasta las reformas del año 2000 que, mediante leyes y decretos en beneficio del gas natural y con inversiones privadas, lograron desarrollar el proyecto Camisea que vio la luz año 2004 (Abanto, 2014).

El gas natural proveniente de Camisea ha contribuido en el recambio de la matriz energética, sustituyendo al petróleo y a la fuerza hidráulica (afectada por el Fenómeno del Niño). Según Tamayo et al. (2017), el consumo de Gas Natural en el Perú en el año 2021 supero en 12,50 % al consumo registrado en el año 2020, sin embargo, debido a

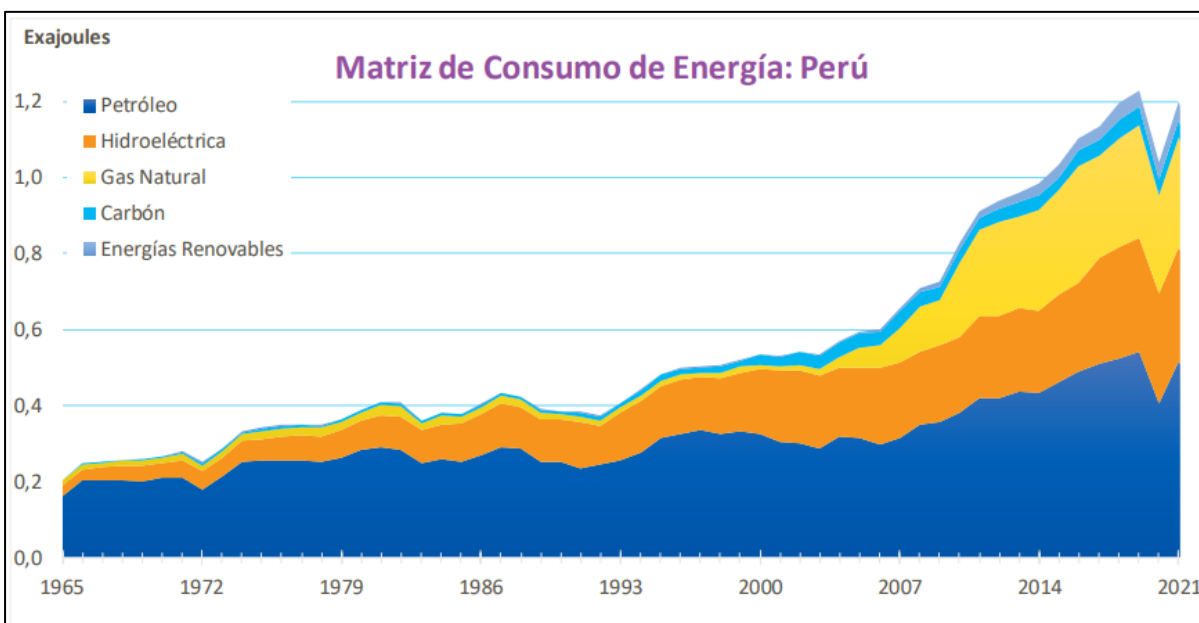
la crisis mundial producida por la pandemia del COVID-19 se observa un descenso de energía en toda la matriz energética, afectando no solo el consumo de gas natural sino también de otras fuentes de energía.

En la Figura 1 se puede observar el crecimiento del gas natural como fuente de energía en las diversas industrias alrededor de todo el país. La pendiente se eleva considerablemente en el año 2004, al entrar en funcionamiento las instalaciones de procesamiento y producción del proyecto Camisea. Asimismo, se aprecia que en la industria de generación eléctrica el empleo de gas natural supera notablemente a los generadores hidroeléctricos, lo cual se debe a la normativa del Estado Peruano que propicia el cambio de matriz energética a través de fondos fiscales (Tamayo et al., 2017).

Asimismo, el Perú se ha constituido como el primer exportador de Sudamérica de Gas Natural empleando la tecnología de licuefacción criogénica, a través de los barcos metaneros que llegan a la costa del departamento de Ica.

Figura 1

Matriz de consumo de Energía en el Perú.



Nota. Recuperado de Tamayo et al. (2017)

2.1.4. Cadena de Valor del Gas Natural

2.1.4.1. Extracción o explotación

El gas natural se extrae de yacimientos del subsuelo hacia la superficie, luego es transportado mediante gasoductos para su procesamiento. En nuestro país, a diciembre del 2022, contamos con cinco lotes de Gas Natural, de los cuales solo cuatro están en producción:

- Lote 31C, ubicado en el departamento de Ucayali.
- Lote 56, ubicado en el departamento de Cusco.
- Lote 57, ubicado en el departamento de Cusco.

- Lote 88, ubicado en el departamento de Cusco.
- Lote 58, ubicado en el departamento de Cusco (inactivo).

La producción obtenida de los mencionados lotes está destinada para el consumo interno y exportación al mercado internacional, dependiendo de la demanda y tecnología usada en el transporte (Abanto, 2014).

2.1.4.2. Separación y tratamiento

En nuestro país, ambos procesos se llevan a cabo en la Planta de Procesamiento de Malvinas, operada por Pluspetrol Peru Corporation donde el gas extraído es separado en gas natural seco, líquidos de gas natural, agua y el petróleo (según sea el caso). Asimismo, es necesario eliminar las impurezas presentes en el fluido, tales como: vapor de agua, dióxido de carbono, helio, sulfuro de hidrógeno, etc; para lo cual se utilizan unidades de absorción y adsorción por tamices moleculares, filtros de polvo y unidades criogénicas para la obtención del gas natural seco.

- El Gas Natural es transportado por gasoductos hacia una planta de procesamiento, para luego, ser transportado y distribuido según la demanda.
- Los Líquidos de Gas Natural son transportados por poliductos hacia una planta de fraccionamiento, para luego ser transportado y distribuido según la demanda.
- El agua es transportada hacia una estación de bombeo para ser reinyectada en los pozos (Abanto, 2014).

2.1.4.3. Fraccionamiento

Los líquidos de gas natural son enviados a plantas de fraccionamiento para separar individualmente los componentes más livianos como el etano, propano, butano, gasolina natural y otros. Este proceso se realiza empleando columnas deetanizadoras y turboexpansores criogénicos. Actualmente, esta tecnología se emplea en la Planta de Fraccionamiento de Pisco, departamento de Ica, operada por la empresa por Pluspetrol Peru Corporation (Tamayo et al., 2017).

2.1.4.4. Transporte

El gas natural puede ser transportado a través de gasoductos y/o recipientes para su uso; cuando se utilicen gasoductos, la operación del sistema de estaciones de compresión y bombeo deberá mantener la presión durante el movimiento del fluido a través de la tubería. En la actualidad, en Ayacucho se encuentra la estación de compresión de Chiquintirca (ubicada a más de 3100 m.s.n.m.) que forma parte de los 730,00 km del gasoducto del Proyecto de Camisea, custodiado por Transportadora de Gas del Perú (Abanto, 2014).

En el caso de recipientes, el gas natural debe ser sometido a un proceso de compresión y/o licuefacción, por lo que, es necesario utilizar contenedores diseñados especialmente para soportar la presión y temperatura del fluido; estos sistemas posibilitan que el gas natural llegue a zonas de consumo que no son provistas de gasoductos (Corrales, 2021).

2.1.4.5. Licuefacción

La tecnología de licuefacción del gas natural permite reducir hasta 600 veces el volumen del fluido para poder ser trasladado en barcos “metaneros” hacia el extranjero. Dicho proceso enfría el gas natural hasta los $-160,00\text{ }^{\circ}\text{C}$ (a $1,00\text{ atm}$) mediante intercambiadores de calor y componentes mixtos preenfriados con propano. En Pampa Melchorita se encuentra el primer terminal de carga de camiones de GNL de Sudamérica, operado por la empresa Shell GNL Perú (Garamendi & Wakeham, 2019).

2.1.4.6. Distribución

En última instancia, el gas natural se entrega a un nuevo operador para ser distribuido a través de una red de gasoductos a los usuarios finales como: plantas de generación eléctrica, industrias, hogares y estaciones de servicio de gas natural vehicular. En estas estaciones de distribución, conocidas como “City Gate” el gas natural recibe procesos de regulación, medición, calentamiento, odorización y está listo para el uso doméstico e industrial. La concesionaria de distribución para Lima y Callao es Cálidda, y para Ica es Contugas (Tamayo et al., 2017).

En las concesiones del norte y sur del país, se abastece mediante flota de camiones que llevan el GNL a plantas regasificadoras, donde es distribuido por red de ductos. En nuestra ciudad la concesión se encuentra a cargo de PetroPerú (Garamendi & Wakeham, 2019).

2.2. Gas Natural Vehicular

“Gas Natural empleado como combustible vehicular que se encuentre sometido a compresión para su posterior almacenamiento en cilindros de GNV. Este combustible es considerado como un producto diferente al Gas Natural que el Concesionario suministra por la Red de Distribución” (ver ANEXO D).

El gas natural puede usarse como combustible para vehículos, para esto, debe comprimirse a una presión elevada (200,00 – 250,00 bar) y almacenarse en baterías de cilindros. Se recomienda que este proceso se ejecute en los mismos establecimientos encargados de suministrar el gas natural vehicular a los usuarios, debido a que se debe minimizar la pérdida de presión al trasladarlo por tuberías (ver ANEXO B).

2.2.1. Características

- Fuente energética de origen fósil.
- Más ligero que el aire (densidad relativa menor a 1).
- No tóxico.
- Inodoro e incoloro.
- Inflamabilidad del 5,00 – 15,00 % en mezclas con aire.
- La combustión del GNV es completa, no deja partículas sólidas.
- El GNV tiene un octanaje aproximado de 130,00; superior al de los combustibles líquidos que están en un rango de 90,00 – 115,00.
- La temperatura de ignición es de 550,00 ° C, superior al de los combustibles líquidos.

- No necesita vaporizarse como la gasolina o el gasohol que se utilizan en los vehículos (Corrales, 2021).

2.2.2. Gas Natural Vehicular en el mundo

A diciembre de 2019, en todo el mundo existen más de 26 millones de vehículos a gas natural y más de 31 mil estaciones de gas natural vehicular. En Latinoamérica, existen más de 5,50 millones de vehículos a gas natural y más de 7,50 mil estaciones de gas natural vehicular. Es decir, los vehículos a gas natural de Argentina, Brasil, Colombia, Bolivia, Perú, Estados Unidos, Venezuela, Canadá, Chile, Republica Dominicana, Trinidad y Tobago y México, de mayor a menor según relevancia, representan el 20,00 % del consumo total de GNV alrededor del mundo. El porcentaje restante se reparte en Asia, Europa y África; China, Irán, India, Pakistán y Argentina de mayor a menor según relevancia (Garamendi & Wakeham, 2019).

Los mencionados países de Latinoamérica tienen diferentes niveles de desarrollo en su industria, en relación con sus reservas y el nivel de tecnología que destinan en la cadena de valor del gas natural. Argentina, por muchos años fue el líder mundial en vehículos que utilizan este combustible alternativo, sin embargo, potencias como China desarrollaron rápidamente la tecnología del GNV.

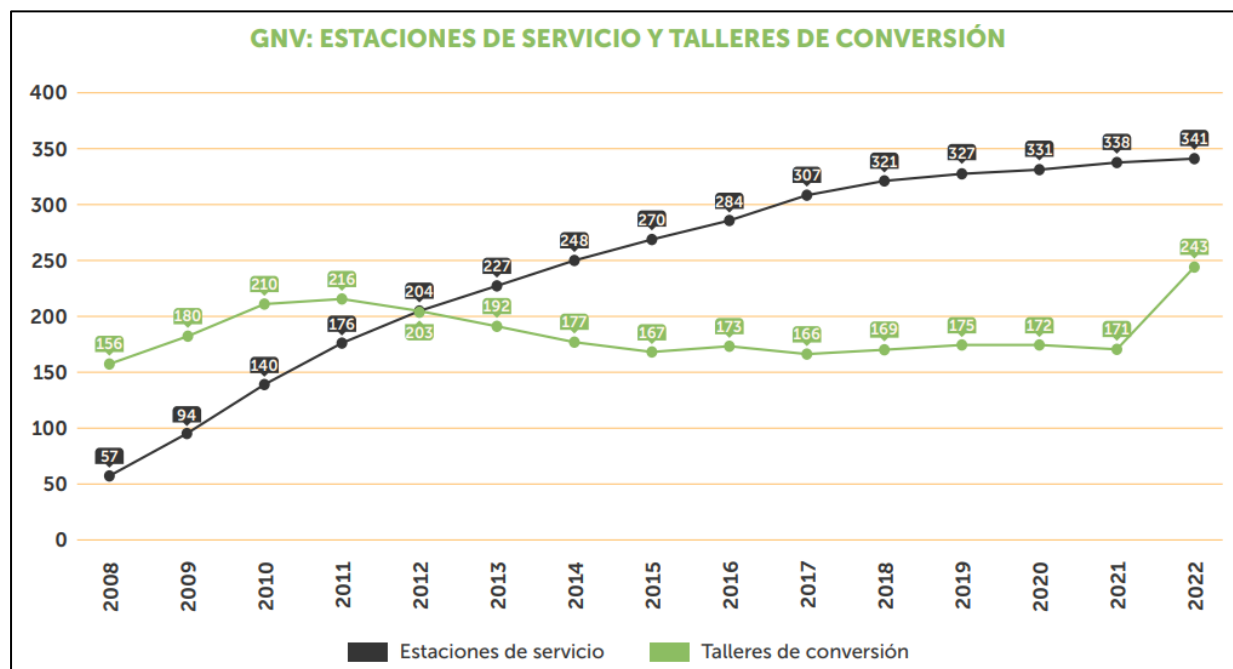
2.2.3. Gas Natural Vehicular en el Perú

El Perú, en Latinoamérica, ocupa el quinto lugar en número de vehículos que funcionan a gas natural. En los últimos años se ha generalizado el uso del gas natural en los vehículos, especialmente por sus ventajas económicas frente a la gasolina y el

GLP. A la fecha, los servicios públicos (autobuses y taxis) y privados en ciudades con estaciones de combustible utilizan ampliamente el GNC como combustible.

Figura 2

Estaciones de Servicio y Talleres de Conversión de GNV



Nota. Recuperado de <http://infoogas.com.pe/estadisticas/> (2022)

En la Figura 2 se aprecia la notable evolución del número de estaciones que expendien GNV y los vehículos que aprovechan este combustible desde el año 2008 hacia adelante. Según INFOGAS, entidad encargada del Sistema de Control de Carga de Gas Natural Vehicular (GNV), a diciembre de 2022, existen más de 400,00 mil vehículos que emplean esta alternativa de combustible. Asimismo, ya operan 341,00 establecimientos que comercializan GNV, ubicados en las regiones de Ica, Piura, Junín, La Libertad, Lima, Ancash, Lambayeque, Piura y Callao.

En la Tabla 2 se muestra el número de estaciones que expenden Gas Natural Vehicular por cada región, distinguiendo Lima como ciudad capital y Lima Provincias.

Tabla 2

Número de estaciones de GNV activas por región.

Región	Estaciones
Lima	284,00
Lima Provincias	12,00
Callao	17,00
Ica	17,00
Junín	2,00
La Libertad	2,00
Piura	4,00
Ancash	1,00
Lambayeque	2,00
Cusco	1,00

En junio del 2022, se inauguró la primera estación de gas natural vehicular en la ciudad de Nasca, Ica, siendo este establecimiento el único que opera actualmente en todo el sur del Perú.

2.2.4. Ventajas del Gas Natural Vehicular

2.2.4.1. Ventajas en las Emisiones Ambientales

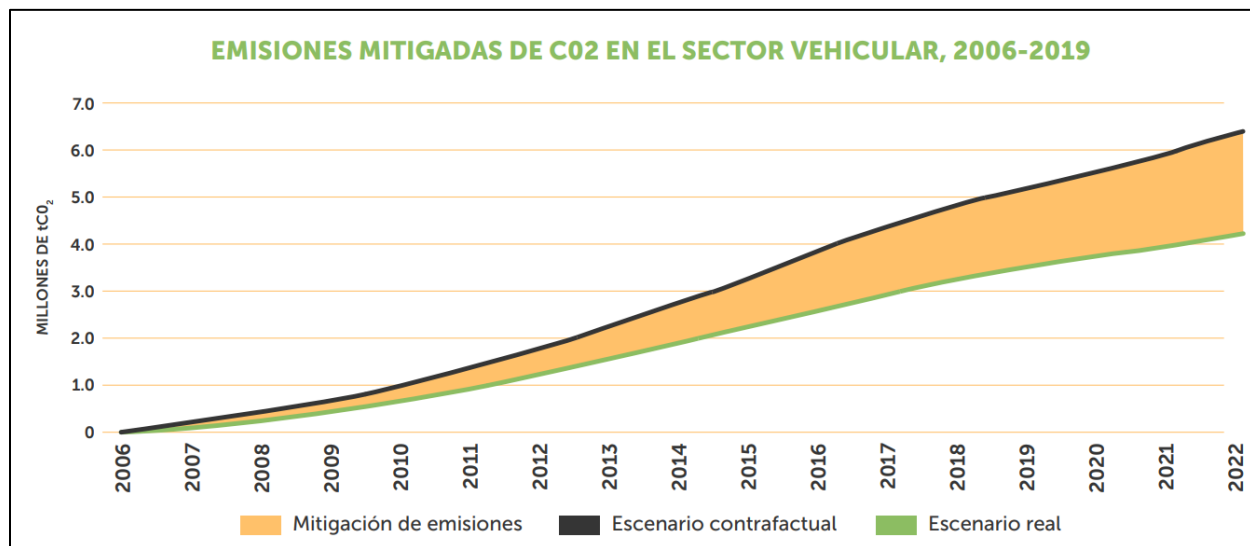
Según Li (2014), los vehículos que usan GNV pueden reducir las emisiones de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno en casi un 80,00 %, reducir las emisiones de dióxido de carbono en un 25,00 % aproximadamente, y la reducción de dióxido de azufre, hidrocarburos y diversas partículas es cercana al 100,00 % comparados con los vehículos de combustible convencional. El gas natural es la forma más barata y rápida de conseguir una reducción significativa de las emisiones de CO₂.

La reducción del ruido es la ventaja del GNV que la gente suele ignorar. En general, los motores diésel emiten más ruido, y comparando en muchos casos individuales, se nota que los vehículos a GNV pueden hacer 10,00 dB menos de ruido que los vehículos que funcionan con gasolina (Li, 2014).

La Figura 3 muestra que el uso de GNV ha mitigado las emisiones totales de CO₂ entre el año 2006 y 2019. En el escenario ficticio donde no se empezó a usar el GNV, las emisiones de CO₂ hubieran alcanzado los 40,00 millones de toneladas de CO₂, sin embargo, en la situación real las emisiones de CO₂ solo acumulan los 26,50 millones de toneladas, reduciendo las emisiones en 13,50 millones de toneladas, para el periodo del 2006 al 2019 (Mendoza et al., 2021).

Figura 3

Emisiones mitigadas de CO₂ en el sector vehicular, 2006 – 2019



Nota. Recuperado de Mendoza et al. (2021)

2.2.4.2. Ventajas en la Seguridad

- El gas natural es odorizado antes de ser distribuido, por lo que el ser humano puede detectar fácilmente el olor del gas natural en una concentración del 0,30 % por volumen en el aire, que es muy inferior a la concentración para la combustión (Li, 2014).
- Las tuberías de distribución son de acero sin costura, apto para operar a 250,00 bar y de dimensiones según la NTP 111.019, lo que garantiza su integridad antes posibles fugas y rupturas.
- Los cilindros de almacenamiento de gas natural vehicular se fabrican sin soldaduras, eliminando los puntos de concentración de esfuerzos, aptos para operar a 250,00

bar. Este diseño sigue lo mencionado en la NTP 111.019, garantizando su integridad ante explosiones y fugas.

- Los surtidores en las estaciones de servicio de GNV utilizan boquillas de llenado presurizadas para el llenado del fluido, empleando diseños de picos de carga estandarizados (ver ANEXO B).

2.2.4.3. Ventajas en la economía

- El Gas Natural Vehicular resulta competitivo frente a los sustitutos directos en el mercado, el índice de competitividad es 46,00 % respecto al GLP; 58,00 % respecto al diésel; 65,00 % respecto a la gasolina. La Figura 4 muestra que los montos de ahorro generados por el uso de GNV ascienden a los 21,18 millones de soles hasta marzo del 2023.

Figura 4

Ahorros generados por el uso del GNV en el Perú a febrero del 2023

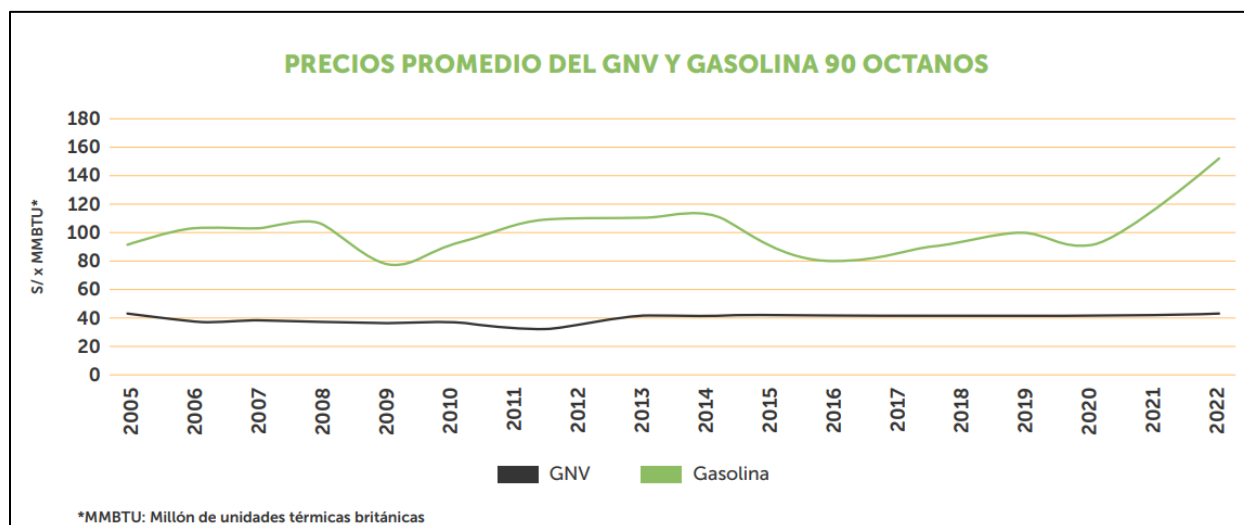


Nota. Recuperado de <http://infogas.com.pe/estadisticas/> (2023)

- El uso generalizado del gas natural vehicular (GNV) como combustible reducirá la dependencia a combustibles fósiles limitados, los cuales empiezan a elevar su precio debido al alta demanda en el mercado mundial, véase la Figura 5.

Figura 5

Precios promedio del GNV y gasolina 90 octanos



Nota. Recuperado de Mendoza et al. (2021)

2.2.5. Desventajas del Gas Natural Vehicular

A medida que la altitud se incrementa, la densidad del aire disminuye junto a la presión atmosférica, y por consiguiente disminuye la cantidad de oxígeno en el aire. En los sistemas de combustión donde el oxígeno forma parte, existe pérdida de potencia debido a la disminución de la fracción volumétrica de oxígeno en la mezcla, siendo este efecto incidente para cualquier combustible. Para lograr mantener la misma potencia útil, es necesario incrementar el consumo de combustible del GNV, sin embargo, las emisiones de CO₂ disminuyen a medida que la altitud aumenta (Castaño & Patiño, 2003).

Sin embargo, ya existe un precedente en nuestro país, en el distrito de Pilcomayo, Huancayo. El Gas Noticias (2022) declara que *“tras superar la altura de 4818 msnm, camiones a gas natural con 12 cilindros y autonomía de 600 kilómetros son presentados en Huancayo junto a compactadoras que pueden recorrer distancias considerables y*

trabajar en ciudades de altura (...)”, siendo el GNV una alternativa viable en la ciudad de Arequipa, ubicada a 2 335,00 metros sobre el nivel del mar.

3. MARCO NORMATIVO

3.1. Marco normativo en el Perú

Para el diseño de la Estación de Gas Natural Vehicular se tomará en cuenta la Norma Técnica Peruana 111.019:2007 (NTP 111.019) elaborada por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) que es aplicable en el territorio peruano (véase ANEXO B). Asimismo, en la extensión de esta normativa se hace referencia a otras NTP y estándares internacionales aprobados por el ente competente en nuestro país. A continuación, se nombrará todos los documentos que también son aplicables junto con la NTP 111.019 para la implementación de estaciones que operan con gas natural.

- Norma Técnica Peruana 111.010:2003 (NTP 111.010) – GAS NATURAL SECO. Sistema de tuberías para instalaciones internas industriales, publicada por INDECOPI el 27-11-2003 (véase ANEXO C).
- Decreto Supremo N° 006-2005-EM – Aprueban Reglamento para la instalación y operación de Establecimientos de Venta al Público de Gas Natural Vehicular (GNV), publicado por MINEM el 02-02-2005 (véase ANEXO D).
- Decreto Supremo N° 050-2007-EM – Modifican el reglamento para la instalación y operación de establecimientos de venta al público de Gas Natural Vehicular

publicado por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) el 21-09-2007 (véase ANEXO E).





CAPÍTULO II:

PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

1. FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

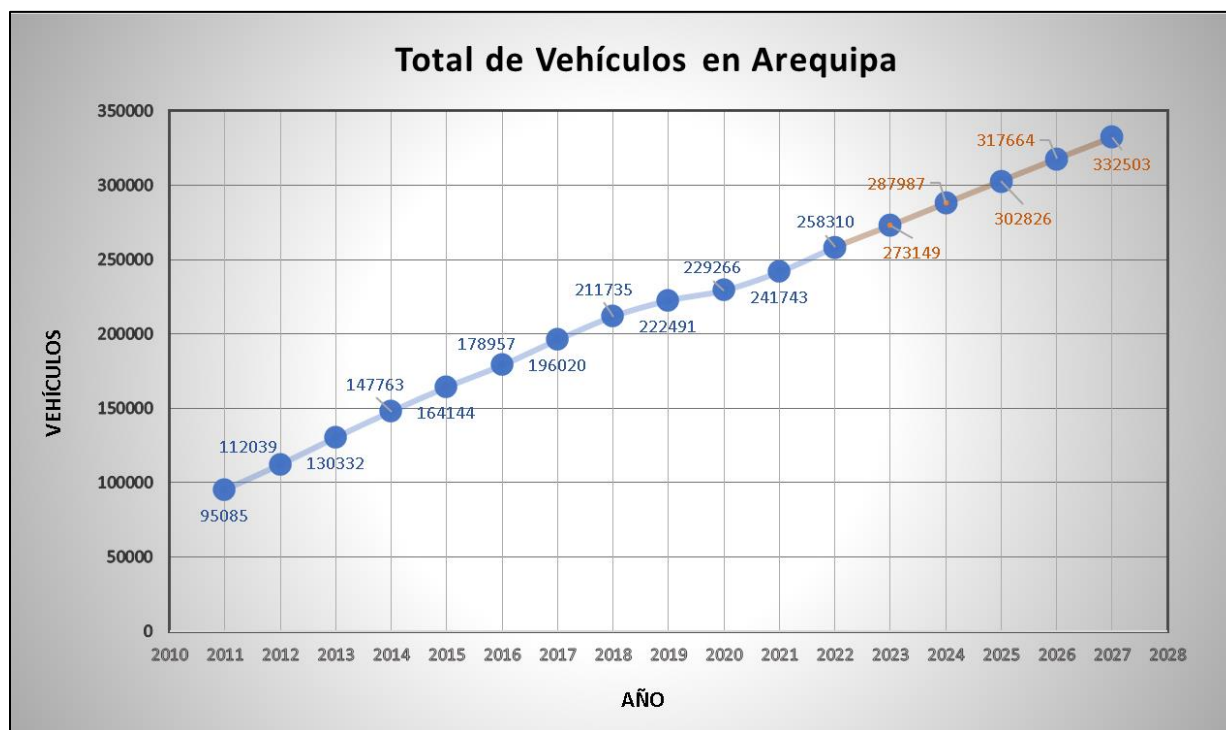
1.1. Proyección del mercado de Vehículos de Gas Natural Vehicular

1.1.1. *Proyección de Vehículos a Gas Natural Vehicular*

La Figura 6 indica el número de total de vehículos livianos y pesados en la región de Arequipa, desde el año 2011 hasta el año 2022, asimismo, se realizó una proyección lineal para el año 2023, 2024, 2025, 2026 y 2027; obteniéndose como resultado que al inicio del año 2025 (fecha proyectada para la puesta en marcha de la estación de GNV) habrá 287 987 vehículos en nuestra ciudad (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2023).

Figura 6

Total de vehículos en Arequipa, proyección al 2028



En el primer año de llegada del GNV a una región, en promedio el 1% de los vehículos se convierten a GNV, de los cuales el 90% son vehículos livianos (taxis y particulares), mientras que el restante son vehículos pesados (L. López, 2016).

1.1.2. Costo de conversión de Vehículos de Gas Natural

Según Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (2022), en la ciudad de Arequipa existe un establecimiento autorizado para realizar la conversión de vehículos a Gas Natural Vehicular, vigente desde el año 2017, que certifica la instalación del kit de equipamiento de GNV, y la instalación del chip que controla las inspecciones semestrales, anuales y quinquenales del vehículo convertido.

Según S. López (2008), el costo de conversión de un vehículo oscila entre los 4000 a 4300 soles, dependiendo del tipo de combustible y si el motor es de inyección o carburado. Asimismo, un análisis empírico muestra el gasto en combustible para un vehículo liviano de servicio (taxis), con un recorrido diario de 300 km, ver la Tabla 3.

Tabla 3

Gasto en el consumo según combustible para un vehículo liviano de servicio.

Combustible	Gasto al mes	Gasto al mes	Gasto al mes
	N°01 (Soles)	N°06 (Soles)	N°12 (Soles)
Gasolina 90	3 510,00	21 060,00	42 120,00
GNV	1 530,00	9 180,00	18 360,00

Nota. Adaptado de S. López (2008).

Al sexto mes, el ahorro es de 11 880,00 soles, donde ya se compensó la inversión inicial de conversión; es cierto que, para un vehículo liviano de uso particular, el recorrido diario es mucho menor, aproximadamente 45,00 km, donde se compensa la inversión inicial recién al doceavo mes (S. López, 2008).

1.1.3. Ahorro en los vehículos de Gas Natural Vehicular

La Tabla 4 presenta la equivalencia energética de un galón de gasolina frente los combustibles sustitutos, siendo el GNV el más destacado (Corrales, 2021).

Tabla 4

Equivalencia energética de un galón de gasolina.

Combustible	Valor
DB5	0,90 galón
GLP	1,20 galón
GNV-C	3,10 m ³ standard

Nota. Adaptado de Decreto Supremo N° 013-2021-EM, Ministerio de Energía y Minas (2021).

La Tabla 5 presenta la capacidad calorífica de los combustibles empleados en la industria vehicular, destacando el diésel DB5; sin embargo, un factor determinante también es el costo de estos combustibles frente al GNV (Corrales, 2021).

Tabla 5

Capacidad calorífica de combustibles empleados en la industria.

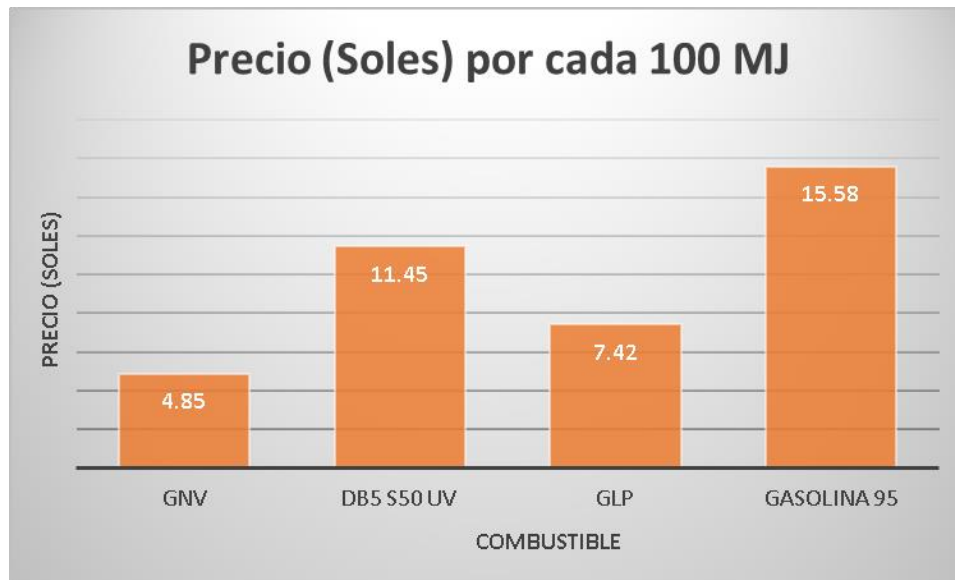
Combustible	Valor
Gasolina	122,33 MJ/ galón Gasolina
DB5 S50 UV	136,45 MJ/ galón DB5
GLP	100,93 MJ/ galón GLP
GNV-C	39,87 MJ/ m ³ standard

Nota. Adaptado de Decreto Supremo N° 013-2021-EM, Ministerio de Energía y Minas (2021).

Es posible comparar el precio actual de los combustibles en las estaciones de servicio para una misma cantidad de energía, véase la Figura 7.

Figura 7

Precio por cada 100 MJ de combustibles empleado en el Perú



La Tabla 6 presenta la comparación de precios del GNV (por unidad de energía) frente a los sustitutos inmediatos en los vehículos, se destaca el ahorro significativo al sustituir a la gasolina de 95 octanos.

Tabla 6

Comparación de precios según equivalentes energéticos

Combustible Alternativo	Precio combustible	Precio por cada 100 MJ	Precio GNV por cada 100 MJ	Ahorro (%)
GNV	1,95 $\frac{\text{Soles}}{\text{Sm}^3}$	4,85 $\frac{\text{Soles}}{100 \text{ MJ}}$	4,85 $\frac{\text{Soles}}{100 \text{ MJ}}$	0,00
Gasolina 95	19,05 $\frac{\text{Soles}}{\text{gl}}$	15,58 $\frac{\text{Soles}}{100 \text{ MJ}}$	4,85 $\frac{\text{Soles}}{100 \text{ MJ}}$	68,85
Diésel B5 S-50	15,63 $\frac{\text{Soles}}{\text{gl}}$	11,45 $\frac{\text{Soles}}{100 \text{ MJ}}$	4,85 $\frac{\text{Soles}}{100 \text{ MJ}}$	57,62
GLP Vehicular	7,49 $\frac{\text{Soles}}{\text{gl}}$	7,42 $\frac{\text{Soles}}{100 \text{ MJ}}$	4,85 $\frac{\text{Soles}}{100 \text{ MJ}}$	34,60

1.1.4. Financiamiento en los vehículos de Gas Natural Vehicular

En el año 2012 mediante la Ley N°29852, se crea el Fondo de Inclusión Social Energético (FISE) para masificar el gas natural a través de financiamientos parciales o totales a los consumidores regulados, sistemas de distribución y transporte, conversiones vehiculares según el Plan de Acceso Universal a la Energía. El financiamiento para las conversiones vehiculares es el “Ahorro GNV”, otorgando un préstamo de hasta 4000 soles para cubrir el costo de la conversión en el taller, mientras que la certificación del vehículo es subvencionada por el FISE. Asimismo, para provincias se otorga un descuento de 1000,00 soles al costo final de la conversión, siendo este monto desembolsado por el FISE hacia el taller de conversión. Incluso se puede acceder a un bono no reembolsable de 2000,00 soles para la conversión desde un vehículo GLP a un vehículo GNV. El usuario beneficiado con el préstamo puede pagarlo mediante cada vez que adquiera GNV en una estación, aplicándole un recargo al consumo, que será controlado gracias al chip instalado al inicio de la conversión; o pagando directamente a través de cuotas en entidades financieras autorizadas (Asociación Automotriz del Perú [AAP], 2023).

1.2. Ubicación

El predio escogido para la estación de gas natural vehicular está ubicado en el cruce de la avenida Daniel Alcides Carrión y la avenida Andrés Avelino Cáceres. Este lugar forma parte del distrito José Luis Bustamante y Rivero, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa. De acuerdo con Chávez (2017), la red de gasificación mediante tuberías enterradas proveniente de la planta satélite de regasificación de

Sabandía, transcurre por el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, hacia el centro de la ciudad. La ubicación elegida es estratégica, se encuentra en el centro financiero de la ciudad de Arequipa y las calles adyacentes son muy transitadas en ambos sentidos. De igual forma, se encuentra a 03,00 minutos de hospitales y clínicas del centro de la ciudad, a 01,00 minuto de la plataforma comercial A. Avelino Cáceres, a 07,00 minutos del Terminal Terrestre de Arequipa y a 10,00 min del Parque Industrial.

1.2.1. Normativa aplicable

Para la habilitación del desarrollo de la estación de GNV en la ubicación elegida, es necesario contar con la licencia de funcionamiento otorgada por la Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, y obtener el Informe Técnico Favorable (ITF) emitido por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), validado como una autorización sectorial según el Decreto Supremo N° 006-2013-PCM (véase ANEXO F).

Es decir, OSINERGMIN revisa las condiciones técnicas, de seguridad y operación, de acuerdo con el marco normativo aplicable para el diseño de la estación de GNV. Los requisitos necesarios para la presentación del ITF se pueden ver en el ANEXO H, de los cuales destacan los siguientes:

- Memoria descriptiva.
- Especificaciones técnicas de construcción, materiales y equipos.
- Planos de situación, ubicación, distribución, instalaciones mecánicas, instalaciones eléctricas, obras civiles, circulación y radio de giro.

En gran medida, el presente documento describió los puntos antes mencionados, aplicados a la ubicación escogida y la demanda estimada de los usuarios, siendo una base para la elaboración del ITF.

1.2.2. Áreas de influencia

En la Tabla 7 se muestra las áreas de influencia que son mencionadas en la normativa, y que permiten el desarrollo del diseño de la estación de Gas Natural Vehicular sin perjuicio de los edificios cercanos, negocios, etc.

Tabla 7

Áreas de influencia de la estación de Gas Natural Vehicular

Área	Radio	Normativa	Evaluación
Área de influencia I	7,60 metros	Decreto Supremo Nro. 050-2007-EM	No se encontró recintos con las características mencionadas.
Área de influencia II	50,00 metros	Decreto Supremo Nro. 006-2005-EM	No se encontró recintos con las características mencionadas.

Se puede visualizar gráficamente estas áreas de influencia en el plano GNV-ARQ-001 (ver Apéndices).

1.2.3. Parámetros urbanísticos

Es necesario verificar que el predio escogido se encuentre considerado en el plan urbanístico del distrito, con la finalidad de que dicha zona sea catalogada como negocio, ya que se centrará en la venta de combustibles.

El Plan de Desarrollo Metropolitano (PDM) 2016 – 2025, emitido por el Instituto Municipal de Planeamiento (IMPLA) de Arequipa orienta la gestión del desarrollo urbano de las áreas metropolitanas de nuestra ciudad. Dicho documento tiene validez durante 10,00 años a partir de su publicación. En la Figura 8 se aprecia que la ubicación proyectada para la estación de GNV se encuentra en la región de color rojo, correspondiente a Comercio Zonal; cabe mencionar, que según el reglamento se pueden colocar grifo de combustibles en esta zona demarcada. Asimismo, se verifica que en los alrededores no se encuentran zonas destinada a centros educativos, centros de salud o espacios de área verde que colinden con la futura Estación de Gas Natural Vehicular.

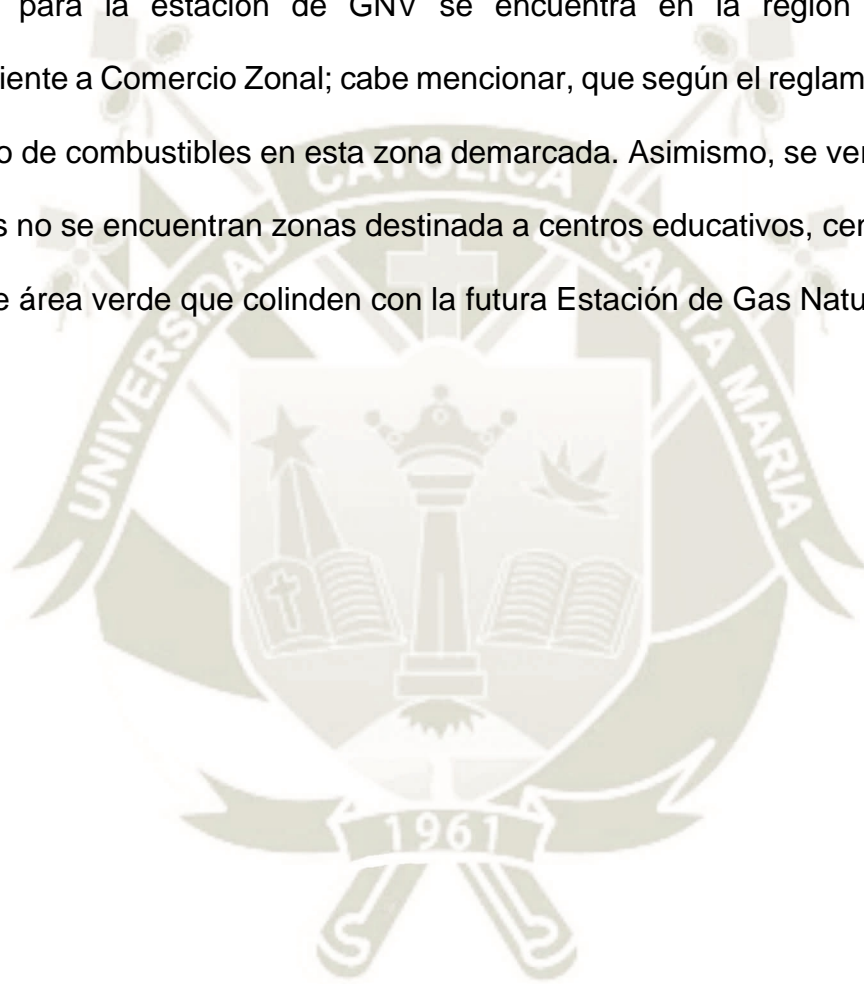
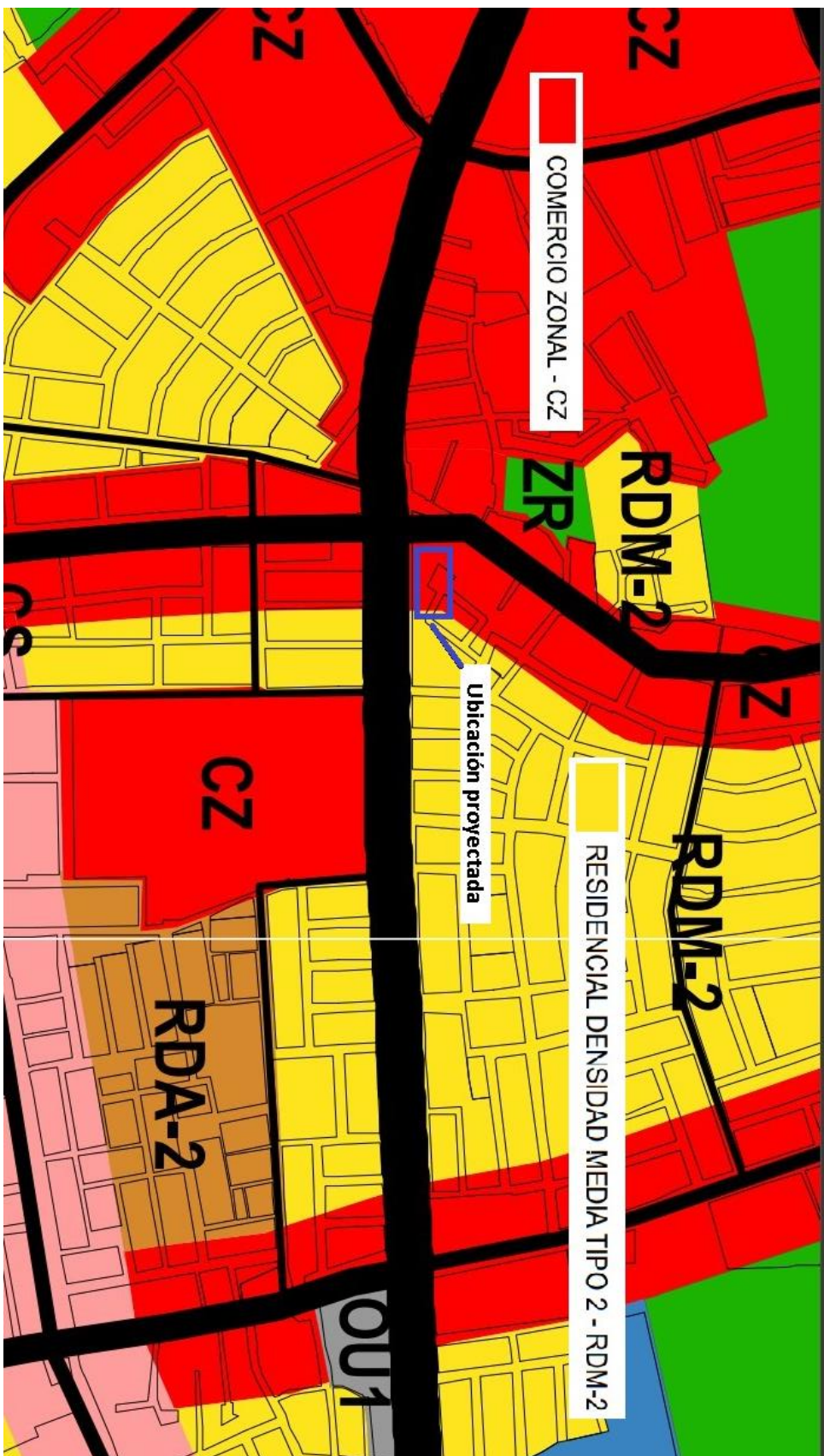


Figura 8

Plan de Desarrollo Metropolitano PDM 2016-2025 para la estación de GNV.



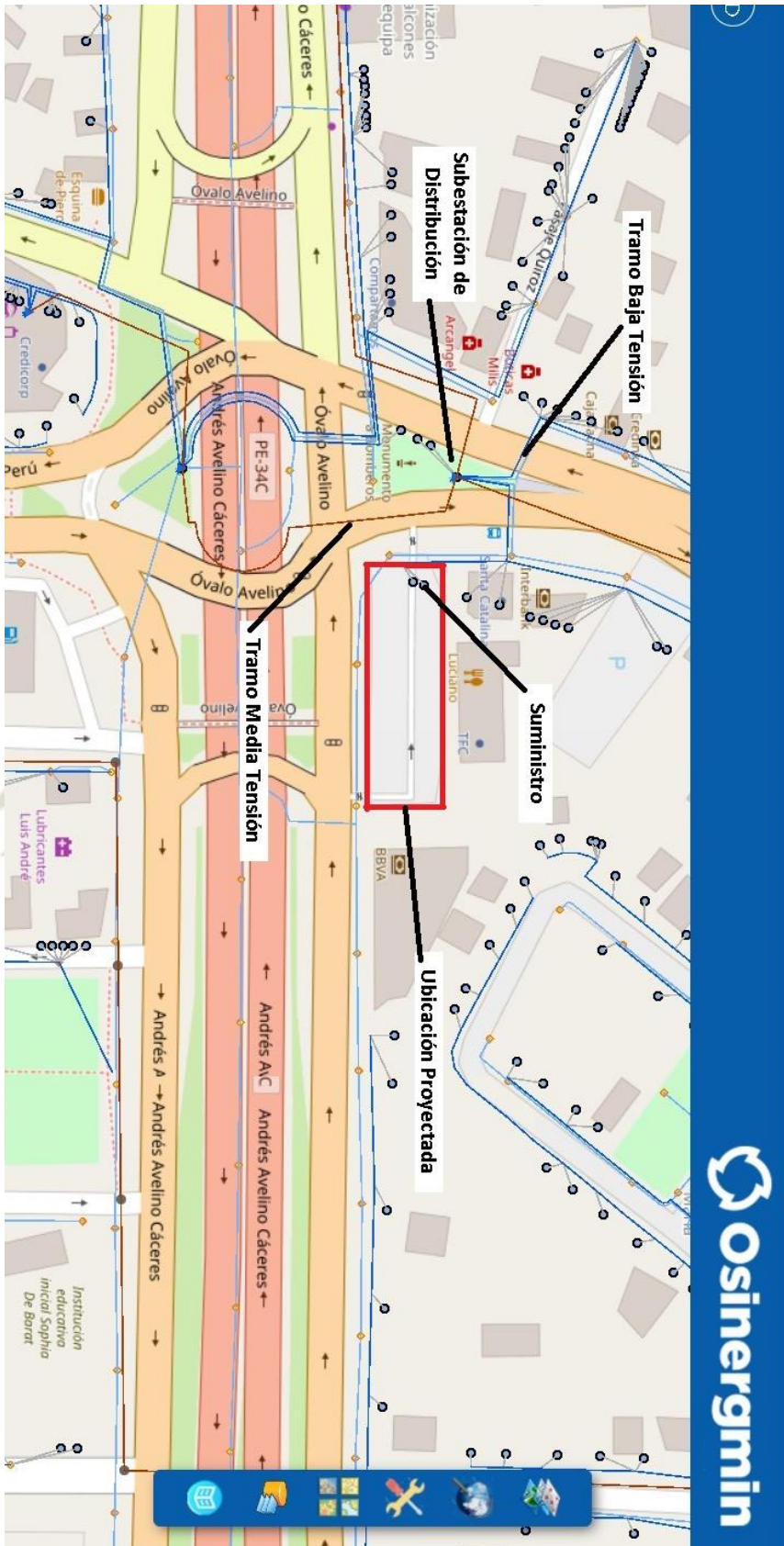
Nota: Recuperado de Instituto Municipal de Planeamiento de Arequipa (2023)

1.2.4. Suministro eléctrico en la zona

La principal fuente de energía para el sistema de compresión del Gas Natural es mediante suministro eléctrico. Previo al diseño, es necesario revisar la disponibilidad para la conexión a una red de baja tensión, administrada por la concesionaria en nuestra ciudad, la empresa SEAL.

En la Figura 9 se aprecia que existe una red de media tensión y una red de baja tensión cerca a la ubicación proyectada de la estación de GNV, asimismo existe a no menos de 15,00 metros una subestación eléctrica de distribución, que puede ser aprovechada para una conexión directa. Se proyecta contratar un servicio de suministro eléctrico de baja tensión a la concesionaria eléctrica de nuestra ciudad, según la tarifa aplicada al consumo proyectado por mes.

Figura 9
Ubicación de las redes eléctricas cercanas a la estación de GNV



Nota. Recuperado de <https://www.gob.pe/osinergmin> (2023)

1.2.5. Acometida virtual de la concesionaria

La llegada del GN a la estación de servicio será mediante red de tuberías enterradas, ya existentes en los alrededores de la zona. El concesionario hace la entrega del fluido, a condiciones establecidas previo acuerdo, en una acometida en el interior del predio. Según el Decreto Supremo Nro. 040-2008-EM (véase ANEXO G), la presión máxima en tuberías enterradas que pasan por sectores centrales de la ciudad es de 10,00 bar. Sin embargo, las tuberías de cobre o plástico solo pueden emplearse para presiones menores a 6,00 bar, como es el caso de las conexiones enterradas instaladas.

Con estas consideraciones, se propone que la concesionaria entregue el Gas Natural a 5,00 bar, con las condiciones normales de temperatura (15,00 °C), con un flujo continuo y que será medido empleando el Standard Metro Cúbico, condiciones estandarizadas para propósitos de compra y venta. La unidad de capacidad del gas natural vehicular es el Standard Metro Cúbico (Sm^3), definida como la cantidad de gas que corresponde al volumen de un metro cúbico de gas natural a condiciones normalizadas ($T = 21,00 \text{ °C}$, $P = 1,00 \text{ atm}$).

Figura 10

Ubicación de las redes de GN cercanas a la estación de GNV



Nota. Recuperado de <https://www.gob.pe/osinergmin> (2023)

2. INGENIERÍA DEL PROYECTO

2.1. Diseño de la Estación de Gas Natural Vehicular

2.1.1. Demanda de la estación de Gas Natural Vehicular

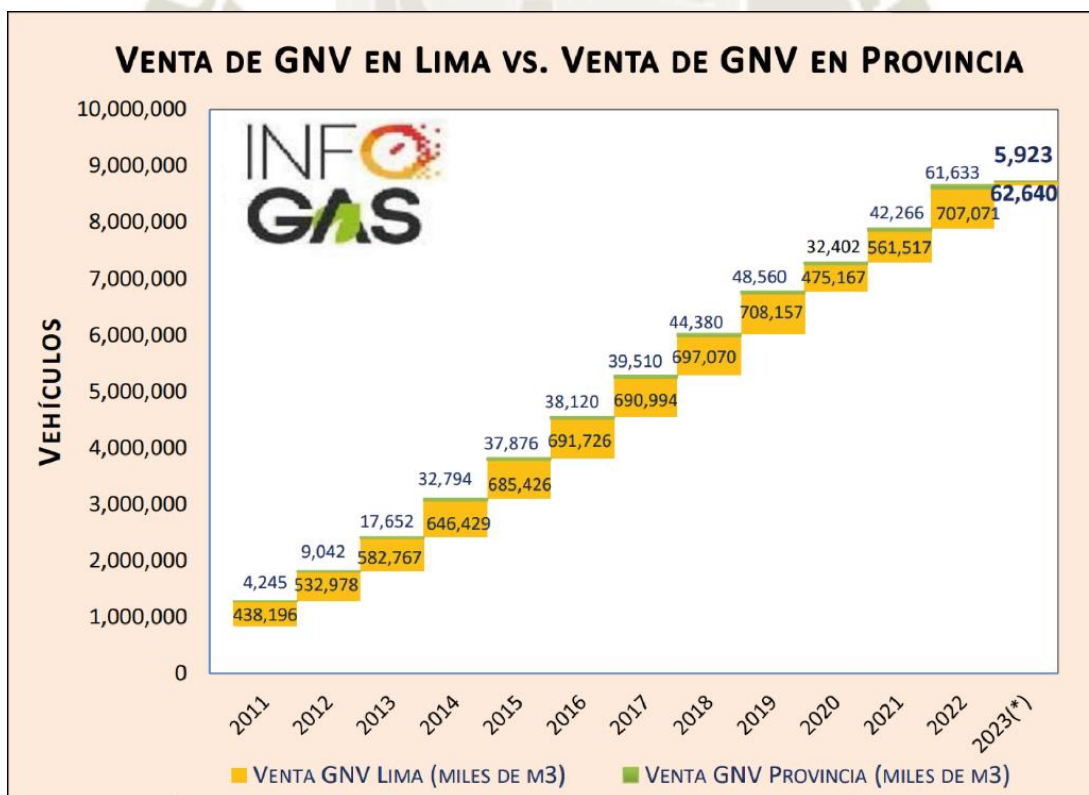
A fin de estimar la demanda de la estación de Gas Natural Vehicular se emplearon tres estimaciones que se detallan a continuación:

2.1.1.1. Primera estimación

Se calculó la demanda proyectada para la estación de GNV tomando como referencia el volumen vendido en Lima y las provincias en nuestro país.

Figura 11

Venta de GNV en Lima versus Venta de GNV en provincia



Nota. Recuperado de <http://infogas.com.pe/estadisticas/> (2023)

Según la Figura 11, la mayor demanda de GNV se produjo en el año 2019, alcanzando los $7,08 \times 10^8 \text{ m}^3$ de GNV, para después registrar un descenso debido a la pandemia global del 2020-2021.

Según la Tabla 2 existen 274 estaciones de GNV en Lima en funcionamiento, se calculó el consumo promedio de la región por estación en servicio durante el año 2021 siendo $2,58 \times 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$. En las provincias alrededor del país existen 57 estaciones de GNV en funcionamiento, se calculó el consumo promedio por estación en servicio durante el año 2021 siendo $1,08 \times 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$. En otras palabras, la demanda proyectada varía entre $215\,000 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$ y $90\,000 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$, pues no será mayor a lo vendido en Lima y tampoco será menor a lo vendido en provincias que no tienen tanta población como Arequipa.

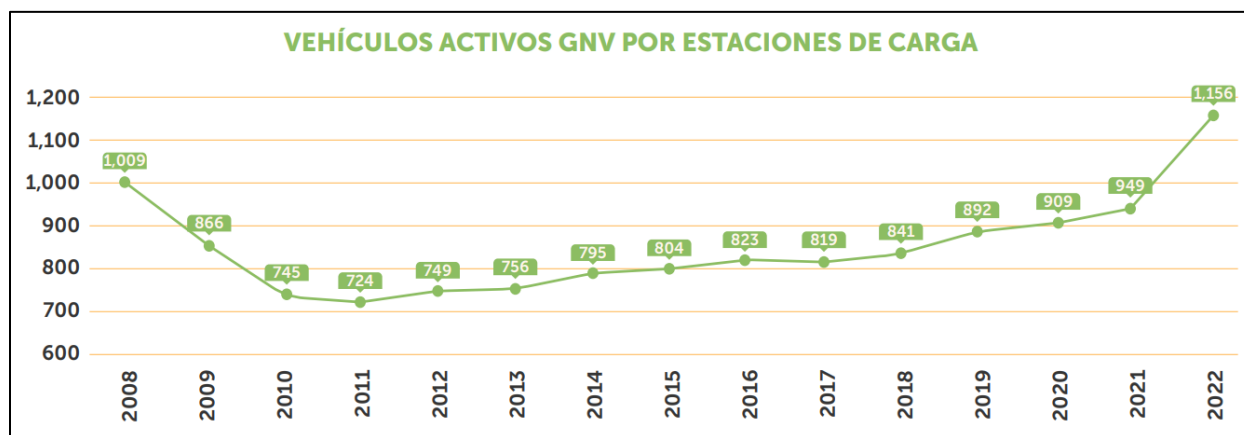
2.1.1.2. Segunda estimación

Se calculó la demanda proyectada para la estación de GNV tomando como referencia el número de vehículos a GNV en la ciudad de Arequipa, según las proyecciones obtenidas para el año 2025.

Para una cierta cantidad de vehículos existe una cierta cantidad de estaciones, y este índice es una medida del desarrollo del mercado, la International Gas Union (IGU) recomienda desde 600 hasta 1000 vehículos por estación es sostenible económicamente. Cabe resaltar que un índice elevado en las estaciones implica que los usuarios tengan que esperar para abastecer el combustible, y en cambio, un índice pequeño presumiría que la estación no es sostenible con las ventas del combustible.

Figura 12

Vehículos activos GNV por estaciones de carga



Nota. Recuperado de Asociación Automotriz del Perú (2023)

En la Figura 12 se ve que el índice para el año 2022 en nuestro país es 1 156, lo cual resulta elevado para la recomendación de la IGU. Esto se debe a que la conversión de vehículos aumento considerablemente en el último año, pero no fue consiguiente con la apertura de nuevas estaciones de GNV.

Según la Figura 6, habrá 2592 vehículos livianos que demanden consumo diario en varias zonas de la ciudad; y, se considerará 800 vehículos que serán atendidos por la estación de GNV. De acuerdo con OSINERGMIN (2020), el consumo mensual promedio de un vehículo a GNV en el 2020 es $169,26 \frac{Sm^3}{mes}$, es decir, la demanda proyectada mensual aproximada para la estación es $135\,408,00 \frac{Sm^3}{mes}$.

2.1.1.3. Tercera estimación

Se estimó la demanda y la oferta del mercado para analizar si en la actualidad hay una demanda insatisfecha o si hay sobreoferta. La Tabla 8 muestra los parámetros del estudio de mercado.

Tabla 8

Parámetros del estudio de mercado

Ítems	Descripción
Fecha de realización	18 de junio del 2023 al 3 de julio del 2023
Grupo objetivo	Hombres y mujeres entre 18 y 60 años Personas del Cono Sur de Arequipa Personas del NSE C y D
Diseño Muestral	Muestra aleatoria
Marco Muestral	Población Arequipeña
Tamaño de la muestra	384 encuestas
Técnica de recolección	Encuesta virtual

Se realizó una encuesta simple de 09 preguntas para evaluar la demanda insatisfecha en la ciudad de Arequipa; los resultados de cada pregunta se pueden revisar en los Apéndices.

Según la Agenda para el Desarrollo de Arequipa 2023-2026, la población actual en la Provincia de Arequipa es de 1 226 440 personas. Sin embargo, el análisis es basado en personas que manejan vehículos, por lo que el dato de la población que

cumple esta condición es de 299 270 personas (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2023b).

Tabla 9

Mercado objetivo según participación de mercado

Descripción	Criterio	Porcentaje	Número de personas
Mercado potencial	Participación de mercado	49,70%	148 738,00
Mercado disponible	Participación de mercado	11,72%	17 432,00
Mercado efectivo	Aceptación del GNV	62,76%	10 940,00
Mercado objetivo	Participación de mercado	52,60%	5 754,00

Según los resultados obtenidos, se tiene una demanda insatisfecha de 5 754,00 usuarios en el Distrito de José Luis Bustamante y Rivero; y, considerando que un vehículo a GNV consume en promedio $169,26 \frac{Sm^3}{mes}$, según OSINERGMIN (2020), la demanda mensual promedio es de $973 922,04 \frac{Sm^3}{mes}$. El resultado parece estar en un escenario muy favorable, sin embargo, se tienen antecedentes que respaldan los valores obtenidos. Correo (2022) declara que *“existen unos 16 mil taxistas en Arequipa que evalúan cambiar sus vehículos de gasolina a Gas Natural Vehicular (GNV), informó el presidente de la Central Regional de Empresas y Asociaciones de Taxis de Arequipa (...)”*

2.1.1.3.1. Validación del instrumento

Las preguntas realizadas como parte de la encuesta virtual fueron elegidas para evaluar la demanda potencial existente en la provincia de Arequipa, de la población que maneja vehículos; considerando como indicador principal la Tasa de intención de conversión a GNV y la Ubicación de la Estación de GNV (L. López, 2016).

La participación del mercado se obtiene de relación de número de usuarios con intención de conversión entre el número total de usuarios, empleando la *Pregunta 07*, la *Pregunta 03*, *Pregunta 04* y *Pregunta 05*. Asimismo, la *Pregunta 02* nos da un indicador del conocimiento de las personas del GNV como combustible alternativo. La *Pregunta 01* se formuló, como en otras encuestas, para identificar si existe un patrón de género en los porcentajes obtenidos; pero en este caso, no afecta los resultados obtenidos. De la *Pregunta 08* y la *Pregunta 09* se obtiene la participación del mercado de la relación del número de usuarios de la Estación de GNV en la ubicación entre el número total de usuarios con intención de conversión. La participación del mercado de la relación de usuarios con intención de conversión según tipo de vehículo se obtiene empleando la *Pregunta 07* y la *Pregunta 03*.

Cabe mencionar que, las preguntas antes mencionadas fueron validadas mediante su aplicación en un antecedente de estudio, presentado en la Tesis de Grado titulada “*EL PRECIO DEL GAS NATURAL VEHICULAR Y SU DEMANDA POTENCIAL EN HUANCAYO METROPOLITANO*”, de la Universidad Nacional del Centro del Perú. En el desarrollo del trabajo de investigación se emplea el enfoque cuantitativo, aplicando la recolección de datos en base a medición numérica y análisis estadístico.

En el trabajo de investigación en mención de L. López (2016) se presentan 12 preguntas, de las cuales se escogieron 07 preguntas para esta encuesta. Las 02 preguntas restantes fueron elaboradas para este trabajo y obtener la participación de mercado según ubicación de la Estación de GNV.

El valor calculado mediante la segunda estimación es consistente con la demanda máxima y mínima calculada mediante la primera estimación, sin embargo, el valor calculado mediante la tercera estimación supera notablemente los anteriores métodos. Sin embargo, la International Gas Union (IGU) recomienda desde 600 hasta 1000 vehículos por estación es sostenible económicamente. Por lo tanto, se consideró una demanda mensual de $135\,000,00 \frac{\text{Sm}^3}{\text{mes}}$ para el año 2025, periodo en el cual el proyecto de la estación de GNV será ejecutado.

2.1.2. Caudal de la estación de GNV

Los vehículos a GNV utilizan tanques para almacenar el combustible, la capacidad de éstos se define por el peso y la necesidad del cliente. Según S. López (2008), el tanque de GNV más utilizado en nuestro país es de 65 litros, seguido del tanque de 34 litros. La Tabla 10 muestra la capacidad de recipientes de GNV, de acuerdo con el ANEXO I.

Tabla 10

Volumen de GNV según capacidad del tanque instalado en el vehículo

Volumen en Litros de agua (l)	Peso aproximado (kg)	Volumen de GNV (Sm³)	Equivalente en Litros de Gasolina (l)
40,00	44,00	10,00	12,50
60,00	61,00	15,00	18,80
120,00	119,00	30,00	37,5

El principio de funcionamiento de la estación de GNV es tener la capacidad suficiente para satisfacer la demanda previamente calculada, al comprimir el gas natural hasta los 250 bar. Es decir, la estación de GNV debe ser capaz de producir el combustible al mismo ritmo que es despachado. Aplicando la Ecuación (5.1), se debe calcular el caudal de la estación en base al tiempo promedio de llenado del tanque de un vehículo (Nuñez, 2018).

$$q = \frac{V_t}{t_t} \quad (5.1)$$

Donde:

- q : Caudal estimado, $\left[\frac{Sm^3}{seg}\right]$
- V_t : Volumen del tanque del vehículo, $[Sm^3]$
- t_t : Tiempo de llenado del tanque del vehículo, $[seg]$

Según Corrales (2021), el tiempo estimado para llenar un tanque de $15,00 \text{ Sm}^3$ vehículo demora 3 minutos:

$$q = \frac{15,00 \text{ Sm}^3}{180 \text{ s}} = 0,08 \frac{\text{Sm}^3}{\text{s}}$$

2.2. Estación de Regulación y Medición

2.2.1. Sistema de regulación y medición

El sistema de regulación y medición en la estación de GNV tiene como finalidad efectuar la regulación, control y medición del gas suministrado por la concesionaria a través de equipos conectados en serie, tales como válvulas de corte, filtros, reguladores de presión, medidores de caudal, manómetros, válvulas de alivio, entre otros. La estación de regulación y medición (ERM) suministrará flujo de gas a una presión constante al sistema de compresión; medirá el consumo de combustible que ingresa proveniente de la concesionaria; asimismo, controlará las temperaturas bajas en el gas natural para evitar la formación de hidratos y/o hielo; y, filtrará el gas natural de partículas, polvos que puedan provocar obstrucciones en las tuberías y los equipos (Nuñez, 2018).

2.2.2. Diseño de la estación de regulación y medición

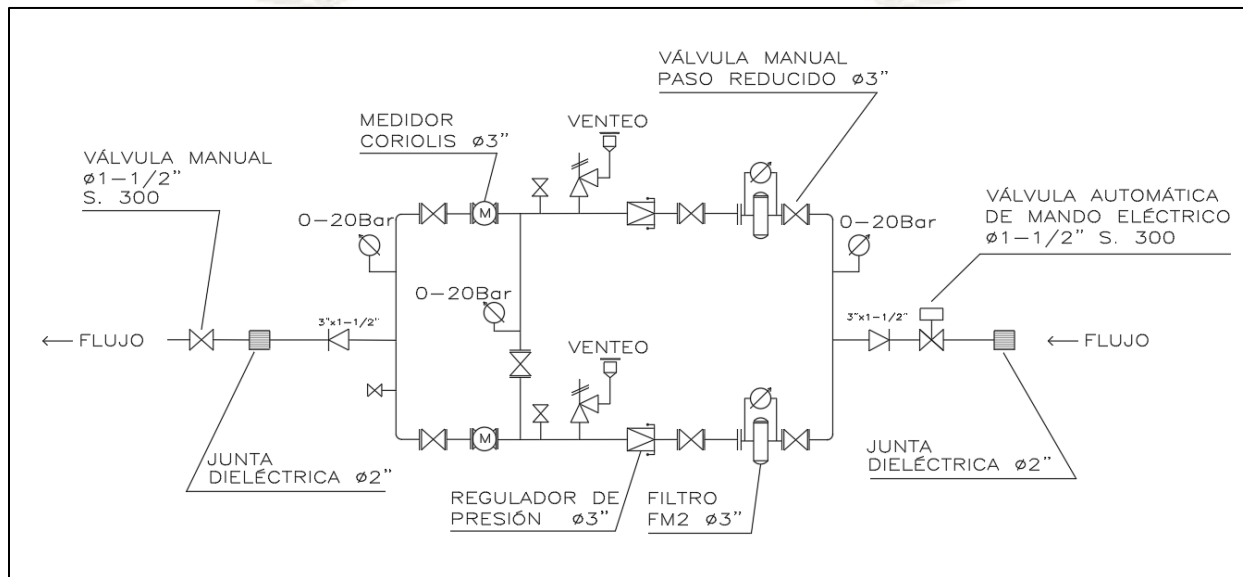
2.2.2.1. Esquema general de la ERM

El diseño se basó en el esquema general presentado y recomendado por la Norma UNE 60620-3, que es mencionada en la NTP 111.019. En la Figura 13 se aprecia la doble línea de regulación que corresponde a instalaciones de gas natural que no

admiten paralizaciones en caso la línea de regulación principal falle o se obstruya, ambas líneas están diseñadas para la misma presión de regulación y poseen los mismos dispositivos. Para un detalle mayor acudir al plano GNV-IM-003 (ver Apéndices).

Figura 13

Esquema de la Estación de Regulación y Medición.



2.3. Recinto de Compresión y Almacenamiento

Según California Energy Commission (1999), existen tres procesos para el abastecimiento de GNC:

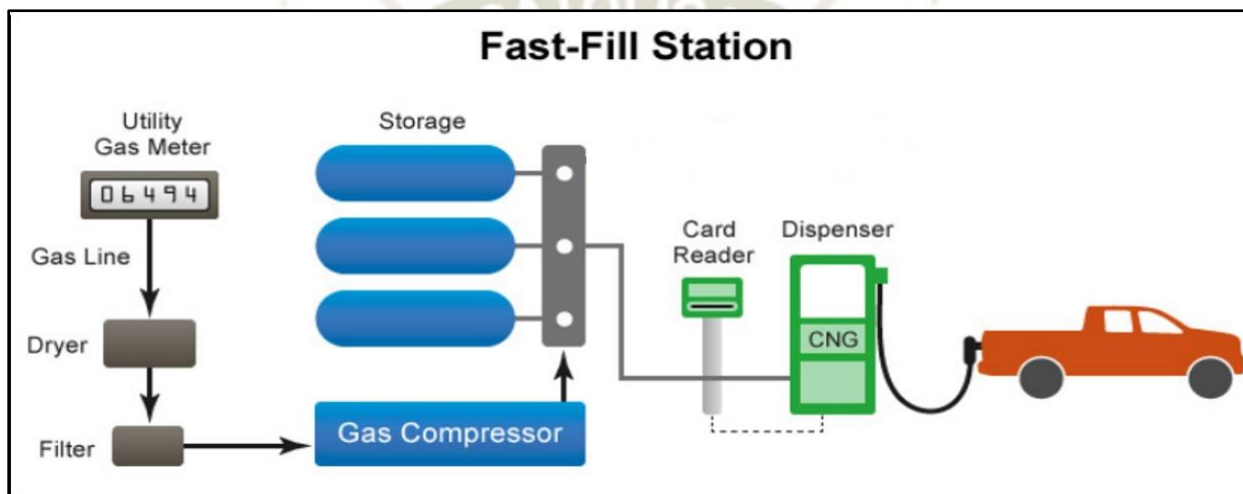
- *“Time fill”*: El vehículo se llena directamente de la descarga del compresor, utilizado en estaciones de llenado lento (usualmente la recarga se realiza en la noche).
- *“Fast fill”*: Los compresores se conectan a un banco de almacenamiento, que alimentará a los vehículos, utilizado en estaciones de llenado rápido y continuo.

- “*Cascade fast fill*”: Los compresores se conectan a un banco de almacenamiento de tres etapas (baja, media y alta presión) para alimentar a los vehículos.

El sistema “*Fast fill*” es de menores costos de capital y garantiza un llenado continuo de vehículos, ver la Figura 14.

Figura 14

Sistema “Fast fill” en una estación de GNV



Nota. Recuperado de <https://www.dvrpc.org/energyclimate/p3ngv/codespermitting/pdf/3-installationguidancecngfuelingstations.pdf> (2023)

2.3.1. Sistema de compresión

Según Nuñez (2018), la configuración de funcionamiento de sistema de compresión es de (1+1), empleando alternativamente dos compresores para elevar la presión del gas natural. Los siguientes parámetros son necesarios para la selección del compresor:

- Presión de aspiración: La concesionaria entregará el gas natural seco a 5,00 bar y 15,00 °C en condiciones normales. Este flujo pasará por la ERM, donde las

condiciones de salida serán consideradas como presión de aspiración para el compresor.

- Presión de descarga: La presión máxima de operación en los sistemas de compresión, almacenamiento y despacho es de 250,00 bar, según el ANEXO B. El fluido a esta presión máxima será almacenado en el banco de almacenamiento previamente seleccionado.
- Caudal necesario: Según los cálculos realizados, es de $300,00 \frac{Sm^3}{hr}$.

2.3.1.1. Selección del compresor

La Tabla 11 detalla las características de los compresores seleccionados según los productos disponibles en el mercado, ver ANEXO P.

Tabla 11

Características del compresor seleccionado

Característica	Valor
Modelo	C50
Tipo	Horizontal contrapuesto
Etapas	4
Caudal	$400 \frac{Sm^3}{hr}$
Presión de aspiración	0,90 – 45,00 bar
Presión de descarga	200,00 – 250,00 bar
Potencia motor principal	45,00 kW
Tensión	380,00 V AC

Frecuencia	60,00 Hz
-------------------	----------

Los compresores seleccionados cuentan con un tablero de control especializado del mismo fabricante, este es el Tablero de Control STANDARD, ver ANEXO S.

2.3.2. Almacenamiento de Gas Natural Vehicular

El sistema de abastecimiento “Fast fill” precisa de un recipiente de almacenamiento que conecta al surtidor, previo al abastecimiento de GNV al vehículo. Típicamente, el banco de almacenamiento opera desde los 205,00 bar a 250,00 bar; mientras que la máxima presión del cilindro del vehículo es 200,00 bar. Es decir, mientras se abastece de combustible a los vehículos, la presión del banco de almacenamiento va disminuyendo desde los 250,00 hasta los 205,00 bar.

Según Deymi-Dashtebayaz et al. (2012), la presión inicial del recipiente de almacenamiento tiene gran implicancia en el volumen del recipiente necesario para lograr que la presión del tanque del vehículo alcance la presión objetivo (200,00 bar). Las relaciones entre las variables mencionadas se definen según la Tabla 12.

Tabla 12
Factor RV, RPs y RPc

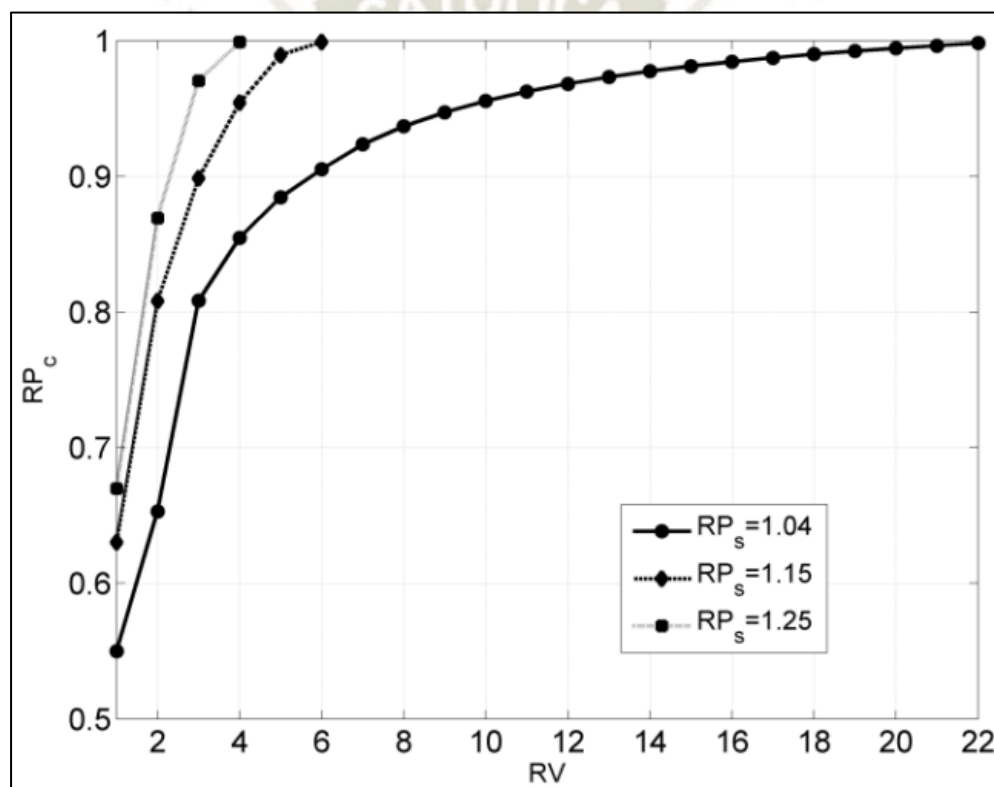
Factor	Relación
RV	$\frac{\text{Volumen del recipiente de almacenamiento}}{\text{Volumen del tanque de vehículo}}$
RPc	$\frac{\text{Presión del tanque de vehículo}}{\text{Presión objetivo}}$
RPs	$\frac{\text{Presión del recipiente de almacenamiento}}{\text{Presión objetivo}}$

Nota. Adaptado de Deymi-Dashtebayaz et al. (2012)

Como se muestra en la Figura 15, para alcanzar la presión objetivo del tanque del vehículo se debe seleccionar el volumen del recipiente de almacenamiento según los valores de RV y considerar la presión del recipiente de almacenamiento.

Figura 15

Efecto del factor RP_c y el factor RP_s en el factor RV



Nota. Recuperado de Deymi-Dashtebayaz et al. (2012)

Los valores de diseño del presente trabajo se muestran en la Tabla 13, y se calculó el volumen del banco de almacenamiento mínimo para las condiciones críticas, para efectos de cálculo la presión mínima es de 208,00 bar; para presiones superiores

de almacenamiento, el volumen mínimo va disminuyendo y por lo tanto no es considerado en el cálculo.

Tabla 13

Valores de diseño del recipiente de almacenamiento de GNV

Factor	Valor
Presión objetivo	200,00 bar
Presión del recipiente de GNV	208,00 bar
Presión del tanque del vehículo	200,00 bar
RP_s	1,04
RP_c	1,00
RV	22,00
Volumen del tanque de vehículo (60 litros)	15,00 Sm ³
Volumen del recipiente de GNV mínimo	330,00 Sm ³

2.3.2.1. Selección del recipiente de almacenamiento

La Tabla 14 detalla las características del recipiente de almacenamiento seleccionado, en este caso corresponde a una batería de cilindros, ver ANEXO Q.

Tabla 14

Características de la batería de cilindros seleccionada

Característica	Valor
Modelo	STANDARD
Presión de prueba hidráulica	375 bar
Presión de trabajo	250 bar
Nro. de cilindros	10
Capacidad total	1 250 litros
Volumen de GNV	345,00 Sm ³

Sin embargo, es necesario calcular la cantidad de gas natural disponible por cada batería de cilindros. Se realizarán los cálculos en función de la masa de gas natural, entre el rango de presiones de operación (desde 205 bar hasta 250 bar).

$$M = \rho \cdot V \quad (5.2)$$

- M : masa, [kg]
- ρ : densidad del fluido, $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$
- V : volumen, [m³]

$$M_{disponible} = M_{250 \text{ bar}} - M_{205 \text{ bar}}$$

$$M_{disponible} = \rho_{250 \text{ bar}} \cdot V_{alm} - \rho_{205 \text{ bar}} \cdot V_{alm}$$

$$M_{disponible} = V_{alm} \cdot (\rho_{250 \text{ bar}} - \rho_{205 \text{ bar}})$$

$$M_{disponible} = 1,25 \text{ m}^3 \cdot \left(232,20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 201,17 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$$

$$M_{disponible} = 38,79 \text{ kg}$$

La masa disponible por cada batería de cilindros al ser expresada unidades normales resulta en $41,57 \text{ Sm}^3$, lo cual es suficiente para abastecer a tres vehículos con tanques de GNV de 60 litros ($15,00 \text{ Sm}^3$).

2.3.2.2. Número de baterías de cilindros

Considerando dos compresores idénticos para el funcionamiento alternado, es necesario calcular el número de baterías suficientes para abastecer la demanda proyectada. Asimismo, Nuñez (2018) menciona que la adición de estos dispositivos reduce el número de arranques del compresor.

Sería conveniente que la distribución de los vehículos sea igual para cada hora, sin embargo, en la situación real el mayor número de vehículos se concentra en las horas del día, se consideró que el 80,00 % de la demanda máxima por día será atendida en 14,00 horas (desde las 6:00 hrs hasta las 20:00 hrs), siendo la demanda máxima en ese periodo de tiempo de $257,14 \frac{\text{Sm}^3}{\text{hr}}$.

Considerar solo una batería de cilindros no satisface la demanda máxima de los vehículos, y obliga a que los compresores trabajen continuamente para suministrar GNV directamente al surtidor. Se presentó el análisis conectando dos baterías de cilindros al sistema de compresión.

Figura 16

Número de arranques de compresores en el ciclo de una hora

	VEHÍCULOS ATENDIDOS		SISTEMA DE COMPRESIÓN	
	SURTIDOR #01	SURTIDOR #02	COMPRESOR #01	COMPRESOR #02
6 MIN	1	1	OFF	OFF
6 MIN	1	1	ON	OFF
6 MIN	1	1	ON	OFF
6 MIN	1	1	OFF	OFF
6 MIN	1	1	OFF	ON
6 MIN	1	1	OFF	ON
6 MIN	1	1	OFF	OFF
6 MIN	1	1	ON	OFF
6 MIN	1	1	ON	OFF
6 MIN	1	1	OFF	OFF
ARRANQUES DEL COMPRESOR			2	1
TIEMPO ACTIVO (min)			24	12
TIEMPO INACTIVO (min)			36	48

En la Figura 16 se presenta el ciclo de una hora en demanda máxima, donde se espera atender a 20 vehículos. Durante un día de trabajo, el tiempo activado del compresor es de 5,80 horas.

2.4. Isla de Despacho

2.4.1. Surtidor de Gas Natural Vehicular

La demanda de la estación de GNV por día es $4500,00 \frac{Sm^3}{día}$, es decir abastecer a aproximadamente 300 vehículos que contengan tanques de 60 l durante un solo día. Sería conveniente que la distribución de los vehículos sea igual para cada hora, sin embargo, en la situación real el mayor número de vehículos se concentra en las horas

del día, se consideró que el 80% de la demanda máxima por día será atendida en 14 horas (desde las 6:00 hrs hasta las 20:00 hrs), siendo la demanda máxima $257,14 \frac{Sm^3}{hr}$.

Por otro lado, Corrales (2021) menciona que un vehículo demora 4 minutos para abastecer $15,00 Sm^3$, siendo un minuto dedicado a maniobras; y tres minutos para el llenado del tanque del vehículo, siendo necesario un flujo de descarga de $5,00 \frac{Sm^3}{min}$ en el dispensador. Asimismo, según la norma ISO 14469-2017 el surtidor de GNV es definido según:

- Presión de servicio: El pico de carga tiene conectores B200 y C200 (200 bar) o conectores B250 y C250 (250 bar).
- Vida de diseño: El pico de carga es de Clase A, alta frecuencia de uso correspondiente a 100 ciclos de llenado por día durante tres años; o Clase B, media frecuencia de uso correspondiente a 10 ciclos de llenado por día durante cinco años.
- Manguera de conexión: El diámetro interno mínimo es de 9,5 mm, y el extremo de conexión del suministro estará a 1,80 m sobre el nivel del suelo (ISO, 2017).

Es necesario mencionar que, el medidor empleado para contabilizar el GNV en el momento de despacho debe incluir un medidor de flujo másico tipo Coriolis. Dicho instrumento es empleado en mediciones de fluidos para altas presiones y temperaturas, y al medir directamente la masa es altamente preciso y confiable.

2.4.2. Selección del surtidor de Gas Natural Vehicular

Las características del surtidor de GNV seleccionado se presentan en la Tabla 15, para más detalle véase el ANEXO R.

Tabla 15

Características del surtidor seleccionado

Característica	Valor
Modelo	AS 120 G
Marca	ASPRO
Caudal promedio	10 $\frac{Sm^3}{min}$
Vida de diseño	Clase A
Pico de carga	NGV1
Líneas de carga	02 líneas

El pico de carga NGV1 en la norma ANSI NGV 1-2006 es equivalente al pico de carga B200 en la norma ISO 14469:2017.

El surtidor ASPRO AS 120 G seleccionado contiene un medidor tipo Coriolis para el control del fluido, que se encuentra incluido en el costo de procura del surtidor.

2.5. Diseño de las tuberías

El diseño de las tuberías alrededor de la estación de GNV se basó en los siguientes parámetros:

- Las longitudes de tuberías y la distribución de los accesorios y válvulas se plantearon según la ubicación de la acometida, ERM, RCA y surtidor, siendo un dato de entrada para los cálculos posteriores.
- Para el cálculo del diámetro y el espesor de la tubería se asumió como máximo una caída de presión de 3,00 % en los tramos de media presión (entre 5,00 y 15,00 bar) y 1,00 % en los tramos de alta presión (entre 200,00 y 250,00 bar), asimismo, se aplicó un factor de 1,30 para el diseño.
- Con un diámetro y espesor definidos, se recalculó las caídas de presión utilizando la Ecuación de Weymouth, la fórmula simplificada de Darcy y el software *Pipe Flow Expert*.

2.5.1. Caída de presión según la Ecuación de Weymouth

Según Gas Processors Suppliers Association (2004), la ecuación de Weymouth (publicada en 1912) es aplicable para tuberías cortas en la región de flujo turbulento. Los resultados obtenidos con la Ecuación (5.3) son más cercanos a las mediciones tomadas en campo que a los resultados obtenidos empleando otras fórmulas.

$$q_g = 433,5 \cdot \left(\frac{T_b}{P_b}\right) \cdot E \cdot \left(\frac{P_1^2 - P_2^2}{S \cdot L_m \cdot T_{prom} \cdot Z_{prom}}\right)^{0.5} \cdot d^{2,667} \quad (5.3)$$

Donde:

- q_g : Caudal, $\left[\frac{pie^3}{día}\right]$
- T_b : Temperatura base, [R]
- P_b : Presión base, [psi]

- E : Factor de eficiencia de la tubería, [*adimensional*]
- Z_{prom} : Factor de compresibilidad, [*adimensional*]
- S : Gravedad específica del gas a condiciones estándar, [*adimensional*]
- L_m : Longitud de la tubería, [*millas*]
- T_{prom} : Temperatura promedio del flujo, [*R*]
- P_1 y P_2 : Presión en el punto 01 y 02 respectivamente, [*psi*]
- d : Diámetro interno de la tubería, [*pulg*]

Considerando las condiciones base ($T_b = 520 R$) y ($P_b = 11,17 psia$).

2.5.2. La fórmula simplificada de Darcy

Para el caso de tuberías de longitudes cortas (como es nuestro caso), es posible emplear una fórmula simplificada para flujos totalmente turbulentos, suponiendo que la caída de presión a través de la tubería no representa una fracción significativa de la presión total (no más del 10%).

La fórmula simplificada se ha comprobado experimentalmente en amplios rangos de caudales y densidades para caídas de presión de 0,25 a 1,5 psi/100 pies. La desviación en los resultados empleando la Ecuación (5.4), en comparación con el factor de fricción real calculado mediante la fórmula de Darcy fue menor al 5% (Crane, 1989).

$$\Delta P_{100} = \frac{C_1 \cdot C_2}{\rho} \quad (5.4)$$

Donde:

- ΔP_{100} : Caída de presión por cada 100 pies, [psi]
- C_1 : Factor de descarga, ver ANEXO K, [adimensional]
- C_2 : Factor de tamaño, ver ANEXO L, [adimensional]
- ρ : densidad del fluido, $\left[\frac{lb}{pie^3}\right]$

2.5.3. Longitud equivalente de válvulas y accesorios

La longitud equivalente de un accesorio o válvula representa una sección de tubería que produce las mismas pérdidas que el accesorio o válvula estudiado. Para realizar un cálculo total de pérdidas en toda la tubería se suman todas las longitudes equivalentes a la longitud nominal de la tubería.

Es posible emplear el coeficiente de resistencia (K_r) en la Ecuación (5.5), el cual se considera independiente del factor de fricción y el número de Reynolds, siendo constante para cada accesorio o válvula bajo cualquier condición de flujo, siendo en este caso, totalmente turbulento (Crane, 1989).

$$K_r = f \cdot \left(\frac{L_e}{d}\right) \quad (5.5)$$

Donde:

- L_e : Longitud equivalente, [m]
- K_r : Coeficiente de resistencia al flujo, ver el ANEXO N, [adimensional]
- d : Diámetro interior de la tubería, [m]
- f : Factor de fricción, ver en el ANEXO O, [adimensional]

También es posible calcular L_e , conociendo previamente el valor de K_r , empleando el nomograma del ANEXO M.

2.5.4. Diámetro y espesor nominal de tubería.

Según la norma internacional ASME B31.8, mencionada en la NTP 111.010 y la NTP 111.019, el espesor de pared nominal para una presión de diseño determinada de un sistema de tuberías de acero para gas natural debe determinarse utilizando la Ecuación (5.6):

$$P = \frac{2 \cdot S_f \cdot t}{D} \cdot F \cdot E \cdot T_t \quad (5.6)$$

Donde:

- P : Presión de diseño, [*psi*]
- S_f : Límite de fluencia mínimo especificado, [*psi*]
- t : Espesor nominal de la pared, [*pulg*]
- D : Diámetro externo nominal de la tubería, [*pulg*]
- F : Factor de diseño, [*adimensional*]
- E : Factor de junta longitudinal, [*adimensional*]
- T_t : Factor de reducción de la temperatura, [*adimensional*]

En la Tabla 16 se muestran los factores de diseño que serán aplicados en la Ecuación (5.6).

Tabla 16

Factores de diseño según la Ecuación (5.6)

Factor	Definición	Condiciones	Valor
S_f	Mínima tensión de fluencia	Tubería ASTM A53 Gr. B, sin costura	35 000,00
F	Factor básico de diseño	Localidad Clase 4	0,40
E	Factor de junta longitudinal	Tubería ASTM A53 Gr. B, sin costura	1,00
T_t	Factor de disminución de temperatura	de 250 °F o menor	1,00

Nota. Adaptado de Corrales (2021)

2.5.5. Velocidad del flujo

De acuerdo con la NTP 111.010. (ver ANEXO C), es posible calcular la velocidad del flujo en la tubería, según:

$$v = \frac{365,350 \cdot q_g}{d^2 \cdot P} \quad (5.7)$$

Donde:

- q_g = Caudal, $\left[\frac{m^3}{h}\right]$
- P = Presión de cálculo (absoluta), $\left[\frac{kg}{cm^2}\right]$
- d = Diámetro interior de la tubería, $[mm]$

- v = Velocidad lineal del fluido, $\left[\frac{m}{s}\right]$

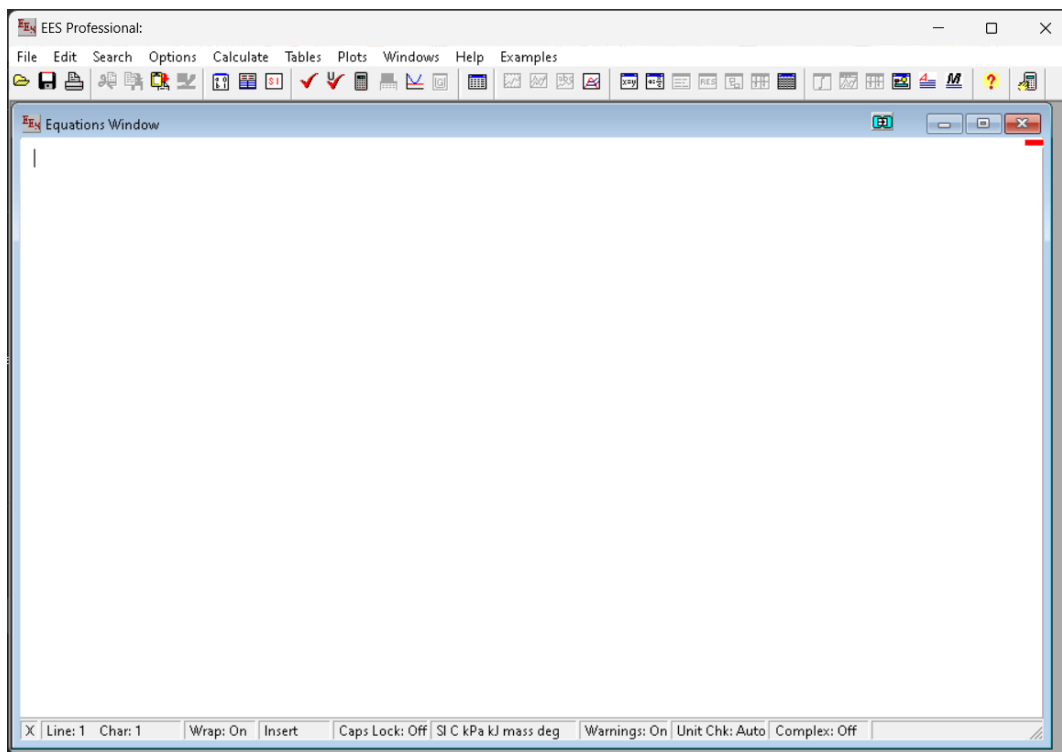
2.5.6. Uso de software para la evaluación de resultados.

2.5.6.1. EES (Engineering Equation Solver)

La función básica que ofrece este software es la solución de un conjunto de ecuaciones algebraicas, sin embargo, es posible resolver ecuaciones diferenciales, ecuaciones con variables complejas, y otras operaciones matemáticas complejas. Para la resolución de los sistemas de ecuaciones no lineales, EES emplea una variante del método de Newton, evaluando la matriz jacobiana de manera repetitiva y junto a la técnica de la matriz dispersa se mejoran los resultados y la posibilidad de resolver problemas más extensos. Debido a que EES realiza sus cálculos con 20 decimales (96 bits), los resultados obtenidos raramente son imprecisos (F-Chart Software, 2018).

Figura 17

Interfaz principal de Engineering Equation Solver



La Figura 17 muestra la interfaz principal de este software. En este trabajo de investigación se empleará el software *EES* para obtener los resultados de las ecuaciones mencionadas para varios tramos de tubería, introduciendo los datos de entrada requeridos en cada caso.

Figura 18

Ecuación de Weymouth en el EES

<p>Ecuación de Weymouth</p> $q_g = 433.5 \cdot \frac{T_b}{P_b} \cdot E \cdot \left[\frac{P_1^2 - P_2^2}{S \cdot L_m \cdot Z_{prom} \cdot T_{prom}} \right]^{0.5} \cdot d^{2.667}$ <p>Caudal</p> <p>$q = 400$</p> $q_g = q \cdot \left 847.6 \cdot \frac{\text{ft}^3/\text{day}}{\text{m}^3/\text{hr}} \right $ <p>Temperatura base</p> <p>$T_{bm} = 15.92$</p> <p>$T_b = \text{ConvertTemp} (C, R, T_{bm})$</p> <p>Presión base</p> <p>$P_{bm} = 0.77$</p> $P_b = P_{bm} \cdot \left 14.5 \cdot \frac{\text{psi}}{\text{bar}} \right $ <p>Factor de eficiencia de la tubería</p> <p>$E = 1$</p> <p>Factor de compresibilidad</p> <p>$Z_{prom} = 0.819$</p> <p>Gravedad específica del gas</p> <p>$S = 0.61$</p>	<p>Longitud total en metros</p> <p>$L = 21.16$</p> <p>Longitud total en millas</p> $L_m = 21.16 \cdot \left 0.000621371 \cdot \frac{\text{mile}}{\text{m}} \right $ <p>Temperatura promedio del flujo</p> <p>$T_{promC} = 15$</p> <p>$T_{prom} = \text{ConvertTemp} (C, R, T_{promC})$</p> <p>Presión del punto 01</p> <p>$P_{1m} = 12$</p> $P_1 = P_{1m} \cdot \left 14.5 \cdot \frac{\text{psi}}{\text{bar}} \right $ <p>Presión del punto 02</p> <p>$P_{2m} = 11.64$</p> $P_2 = P_{2m} \cdot \left 14.5 \cdot \frac{\text{psi}}{\text{bar}} \right $ $d = d_{mm} \cdot \left 0.039370079 \cdot \frac{\text{in}}{\text{mm}} \right $
--	--

Figura 19

Fórmula de velocidad del fluido en el EES

<p>Velocidad del fluido</p> $v = \frac{365.35 \cdot q_g}{d^2 \cdot P}$ <p>Caudal</p> <p>$q_g = 403.18 \text{ [m}^3/\text{h]}$</p> <p>Diámetro interior de la tubería</p> <p>$d = 26.64 \text{ [mm]}$</p> <p>Presión de cálculo</p> $P_{\Psi} = \bar{P} \cdot \left 14.5 \cdot \frac{\text{psi}}{\text{bar}} \right $ $P = P_{\Psi} \cdot \left 0.070306959 \cdot \frac{\text{kg}/\text{cm}^2}{\text{lbm}/\text{in}^2} \right $ <p>$\bar{P} = 12$</p>

Figura 20

Ecuación (5.6) en el EES

<p>Diámetro y espesor nominal de tubería</p> $P = \frac{2 \cdot S_f \cdot t \cdot F \cdot E \cdot T_t}{D}$ <p>Donde:</p> <p>Presión de diseño</p> $P = f_s \cdot P_1$ $P_m = 12$ $P_1 = P_m \cdot \left 14.5 \cdot \frac{\text{psi}}{\text{bar}} \right $ $f_s = 1.3$ <p>Límite de fluencia mínimo especificado</p> $S_f = 35000$	<p>Diámetro externo nominal de la tubería</p> $D_m = 33.4$ $D = D_m \cdot \left 0.039370079 \cdot \frac{\text{in}}{\text{mm}} \right $ <p>Factor de diseño</p> $F = 0.4$ <p>Factor de junta longitudinal</p> $E = 1$ <p>Factor de reducción de la temperatura</p> $T_t = 1$ <p>Espesor nominal de la pared</p> $t_m = t \cdot \left 25.4 \cdot \frac{\text{mm}}{\text{in}} \right $
--	--

Figura 21

Fórmula simplificada de Darcy en el EES

<p>Fórmula simplificada de Darcy</p> $\Delta P_{100\text{pies}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{\rho}$ <p>Factor de descarga</p> $C_1 = 0.00035$ <p>Factor de tamaño</p> $C_2 = 5950$ <p>Densidad del fluido</p> $\rho = \rho_m \cdot \left 0.06242796 \cdot \frac{\text{lbm/ft}^3}{\text{kg/m}^3} \right $ $\rho_m = 8.7165 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ $L = 69.406 \text{ [ft]}$	<p>Densidad del fluido</p> $\rho = \rho_m \cdot \left 0.06242796 \cdot \frac{\text{lbm/ft}^3}{\text{kg/m}^3} \right $ $\rho_m = 8.7165 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ $L = 69.406 \text{ [ft]}$ <p>Caida de presión por cada 100 pies</p> $\Delta P = L \cdot \frac{\Delta P_{100\text{pies}}}{100}$ $\Delta P_m = \Delta P \cdot \left 0.068947579 \cdot \frac{\text{bar}}{\text{psi}} \right $
---	--

2.5.6.2. *Pipe Flow Expert*

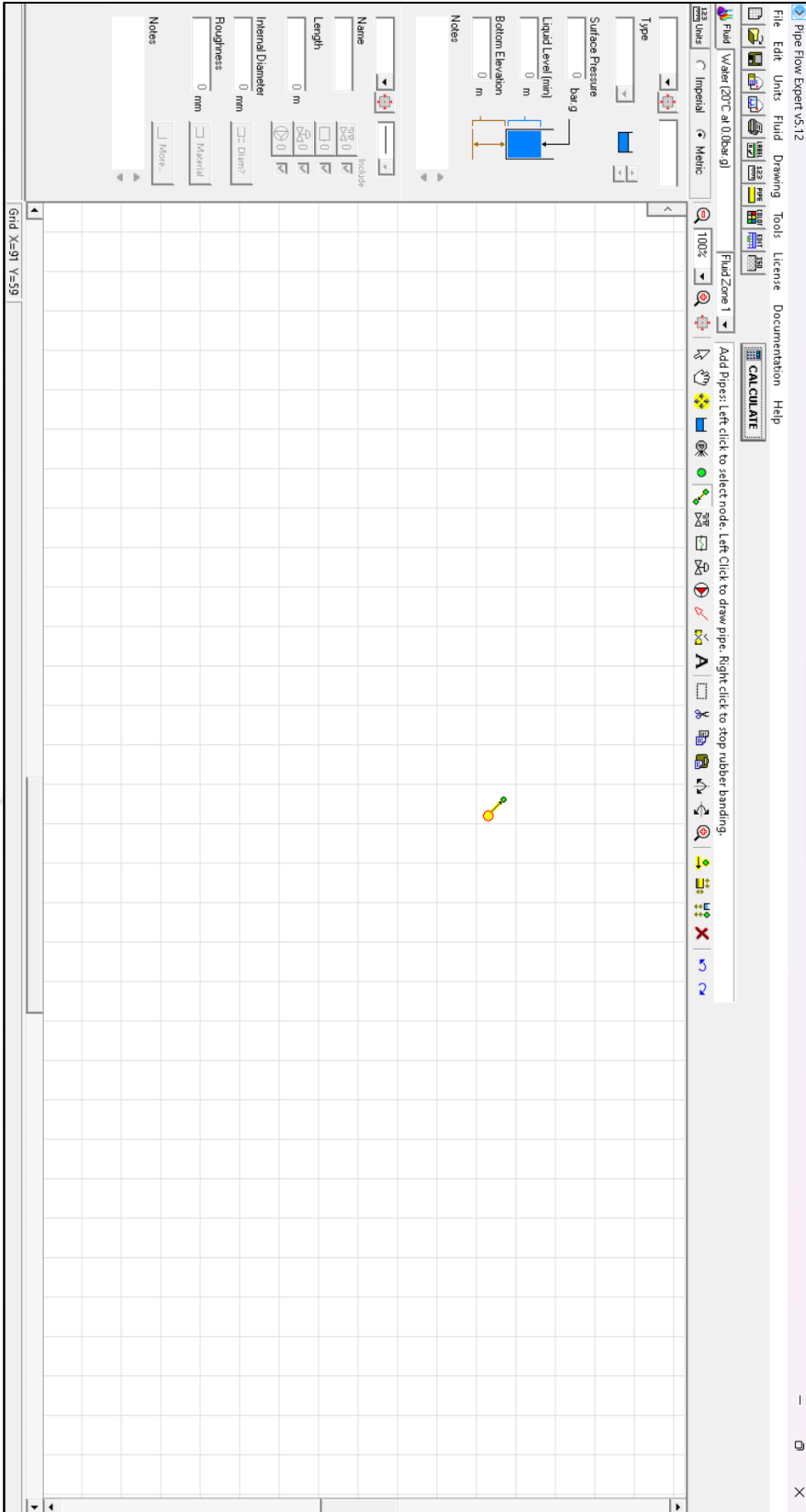
El software *Pipe Flow Expert* está diseñado para calcular la pérdida de presión, el caudal, el diámetro o la longitud de una tubería. La Figura 22 muestra la interfaz de la pantalla principal. Los resultados que se obtienen al emplear el software son:

- Pérdidas por fricción, pérdidas por accesorios.
- Tipo de caudal, número de Reynolds y factor de fricción.
- Presiones de entrada y salida.
- Caudales de entrada y salida.
- Pérdida total de presión.

Es posible trabajar con gran variedad de fluidos líquidos y gases, material, diámetros y espesores de tuberías según las normas internacionales, biblioteca de válvulas y accesorios en diversos diámetros, generación de reportes en PDF y EXCEL, con la posibilidad de emplear de unidades del sistema inglés y métrico (Pipe Flow, 2016).

Es preciso mencionar que para el presente trabajo se usó la versión 5.12 del software, versiones posteriores son más completas y están disponibles en la página web del desarrollador, pudiendo ser útiles para investigaciones más complejas.

Figura 22
Interfaz principal del PIPE FLOW EXPERT



2.5.7. Cálculos realizados

En primer lugar, se calculó la longitud equivalente para cada tramo de tubería, con las válvulas y accesorios necesarios para el funcionamiento de la estación de GNV, pudiéndose ver su detalle en el plano GNV-IM-003. Para el análisis se evaluó los tramos más largos y que contenían mayor cantidad de accesorios, pues se espera que en ellos la caída de presión sea mayor.

Se presenta la Tabla 17, que adjunta las longitudes equivalentes al asumir que los accesorios y válvulas son de 1 1/2" para los tramos de media presión, con un factor de fricción para tubería de 1 1/2" de acero comercial ($f = 0,020$); y accesorios y válvulas de 1" para los tramos de alta presión, con un factor de fricción para tubería de 1" de acero comercial ($f = 0,023$). Estos valores se verificaron posteriormente.

Tabla 17

Longitud equivalente total de los tramos de tubería

Tramo	Longitud nominal del tramo (m)	Longitud total de accesorios y válvulas (m)	Longitud equivalente total (m)
AB	16,20	7,61	23,81
CD	7,60	26,45	34,05
GH	18,60	14,63	33,23

Seguido, con la Ecuación de Weymouth se calculó el diámetro de la tubería que es necesario para permitir como máximo una caída de presión de 3,00 % en los tramos de media presión (entre 5,00 y 15,00 bar) y 1,00 % en los tramos de alta presión (entre 200,00 y 250,00 bar). Con un diámetro calculado, es posible calcular el espesor de la

tubería de acero comercial, aplicando la Ecuación (5.6) y el factor de diseño de 1,3. Los resultados se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18

Diámetro interno y espesor de tubería calculado

Tramo	Diámetro interno de tubería calculado (mm)	Espesor de tubería calculado (mm)
AB	32,00	0,16
CD	35,00	0,15
GH	9,52	5,62

Es necesario comparar los datos de la Tabla 18 con los espesores comerciales de las tuberías (ver ANEXO T), considerando que deben ser mayor a lo calculado, las conclusiones se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19

Diámetro nominal y espesor de tubería comercial seleccionada

Tramo	Diámetro nominal de tubería (mm)	Espesor de tubería (mm)	Diámetro interno de tubería (mm)	Denominación comercial
AB	38,10	3,68	40,94	SCH 40
CD	38,10	3,68	40,94	SCH 40
GH	25,40	6,35	20,70	SCH 160

Como se mencionó anteriormente, se asumió una pérdida de presión porcentual que se recalculó según las dimensiones de la tubería seleccionada, los resultados se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20

Caída de presión en los tramos de tuberías

Tramo	Presión inicial (bar)	Presión final (bar)	Caída de presión (bar)	Caída de presión (%)
AB	5,00	4,96	0,04	0,80
CD	4,75	4,69	0,06	1,26
GH	250,00	249,95	0,05	0,02

Para la obtención de los resultados presentados en la Tabla 20 se empleó la Ecuación de Weymouth, Ecuación (5.3); sin embargo, se verificó estos valores empleando la Fórmula Simplificada de Darcy, Ecuación (5.4) y el software *PIPE FLOW EXPERT*. La codificación empleada en el EES se encuentra adjunta y los reportes generados por el *PIPE FLOW EXPERT* se encuentran adjuntos en los Apéndices.

Tabla 21

Caída de presión según la Fórmula Simplificada de Darcy y el software PIPE FLOW EXPERT

Tramo	Factor de descarga	Factor de tamaño	Caída de presión (bar) - Weymouth	Caída de presión (bar) - Darcy	Caída de presión (bar) – Pipe Flow Expert
AB	0,0006	627	0,04	0,01	0,03
CD	0,0006	627	0,06	0,01	0,04
GH	0,0006	22500	0,05	0,04	0,01

2.6. Selección de accesorios y válvulas

2.6.1. Tuberías de media presión

La tubería comercial aplicable, según los cálculos realizados, es tubería de acero sin costura de 1-1/2" de SCH40 ASTM A53 grado B, para una presión máxima de 5,00 bar. Según la distribución de tuberías, se tienen tramos de tuberías enterrados y sobre el nivel del suelo.

- **Tuberías enterradas:** La NTP 111.010 menciona que todas las tuberías enterradas deberán tener conexiones soldadas entre los accesorios y tuberías. Las especificaciones de soldadura, calificaciones de soldadores e inspecciones de soldadura se encuentran descritas en la norma ASME B31.8; en conformidad con las definiciones del ANSI / AWS A3.0.

Los accesorios deben ser fabricados según la norma ASME B16.9, en Acero ASTM A234 WPB.

- **Tuberías sobre el nivel del suelo:** Los accesorios roscados son forjados de acero al carbono ASMT A105 según la norma ASME B16.11, en este caso se recomienda la Serie 2000 lbs (presión máxima de 2000,00 psi o 137,89 bar).

En el caso de válvulas con extremos roscados, según la norma ASME B16.34 son forjados de acero al carbono ASTM A105, y para este material se recomienda la Clase 150 (presión máxima 19,20 bar).

En ambos casos, de válvulas y accesorios la NTP 111.010 menciona que los extremos roscados deben tener rosca cónica conforme a la ASME B1.20.1; se emplea cinta teflón, sello líquido (locktite) para el sellado de la rosca.

2.6.2. Tuberías de alta presión

La tubería comercial aplicable, según los cálculos realizados, es tubería de acero sin costura de 1" de SCH160 ASTM A53 grado B, para una presión máxima de 250,00 bar. Según la distribución de tuberías, se tienen tramos de tuberías enterrados y sobre el nivel del suelo.

- **Tuberías enterradas:** Los accesorios deben ser fabricados según la norma ASME B16.9, en Acero ASTM A234 WPB. Las especificaciones de soldadura, calificaciones de soldadores e inspecciones de soldadura se encuentran descritas en la norma ASME B31.8; en conformidad con las definiciones del ANSI / AWS A3.0.
- **Tuberías sobre el nivel del suelo:** Los accesorios roscados son forjados de acero al carbono ASTM A105 según la norma ASME B16.11, en este caso se recomienda la Serie 6000 lbs (presión máxima de 6000,00 psi o 413,68 bar).

En el caso de válvulas con extremos roscados, según la norma ASME B16.34 son forjados de acero al carbono ASMT A105, y para este material se recomienda la Clase 2500 (presión máxima 417,70 bar). Los extremos roscados deben tener rosca cónica conforme a la ASME B1.20.1; se emplea cinta teflón, sello líquido (locktite) para el sellado de la rosca.

2.6.3. Estación de regulación y medición

La Norma UNE 60620-3, mencionada en la NTP 111.019, recomienda uniones bridadas entre los accesorios y válvulas que conforma una ERM. La máxima presión de operación es de 6,00 bar, lo que corresponde a PN 6 (según la norma UNE 12517) o su equivalencia en Clase 150 (según la norma ASME B16.5).

Las bridas de las tuberías y los accesorios deben ser fabricadas según la norma ASME B16.5, en acero al carbono ASTM A105. Las especificaciones de soldadura, calificaciones de soldadores e inspecciones de soldadura se encuentran descritas en la norma ASME B31.8; en conformidad con las definiciones del ANSI / AWS A3.0.

Asimismo, la NTP 111.019 menciona que los espárragos y tuercas empleados para la unión de accesorios bridados corresponden a la norma ASTM A193; los empaques de estanqueidad empleados son libres de asbesto.

2.7. Diseño del Sistema De Seguridad

2.7.1. Protección Catódica

Las tuberías de gas natural deberán ser protegidas con pintura, protección catódica u otros, según sea el caso. En este trabajo de investigación, se calculó la cantidad de ánodos de sacrificio para cada tramo.

2.7.1.1. Cálculo del sistema de protección catódica

La Tabla 22 detalla las características del ánodo de sacrificio a ser utilizado. Asimismo, es posible estimar la densidad de corriente (J) a 0,03 amp/m² en tuberías de acero (Clavijo, 2014).

Tabla 22

Características del ánodo de sacrificio

Característica	Valor
Tipo de ánodo	Magnesio
Peso	2,30 kg
Potencial	1,70 V
Vida media	10,00 años
Desgaste a los 10 años	15,00 %
Factor de utilización	85,00 %
Factor de consumo	50,00 %

Nota. Adaptado de Clavijo (2014)

Se empleó la Ecuación (5.8) para el cálculo de la intensidad de corriente de protección en la tubería (Corrales, 2021).

$$I_p = \pi DL \cdot J \quad (5.8)$$

Donde:

- I_p = Intensidad de corriente, [A]
- D = Diámetro nominal de la tubería, [m]
- L = Longitud de la tubería, [m]
- J = Densidad de corriente, $\left[\frac{A}{m^2}\right]$

La Ecuación (5.9) es empleada para calcular el número de ánodos (Corrales, 2021).

$$N = \frac{V_d \cdot 1.74 \cdot I_p}{F_u \cdot F_c \cdot W} \quad (5.9)$$

Donde:

- V_d = Vida útil del ánodo, [años]
- I_p = Intensidad de corriente, [A]
- F_u = Factor de utilización, [adimensional]
- F_c = Factor de consumo, [adimensional]
- W = Peso del ánodo, [lb]

El número de ánodos de sacrificio requeridos según la Ecuación (5.9) se presentan en la Tabla 23.

Tabla 23

Número de ánodos de sacrificio requeridos

Tramo	Intensidad de corriente de protección (A)	Número de ánodos
AB	0,0381	0,31
GH	0,0438	0,36

2.7.2. Detectores de Gas

Los detectores de gas instalados tendrán dos niveles de activación, el primer nivel de activación será al 10,00 % del límite inferior de inflamabilidad que producirá alarmas acústicas y el segundo nivel de activación será al 20,00 % del límite inferior de inflamabilidad que producirá el bloqueo de los sistemas de gas natural.

Se instalará un detector de gas en la estación de regulación y medición, un detector de gas en el recinto de compresión y almacenamiento, un detector de gas en el alrededor del surtidor de GNV y un detector de gas alrededor de la acometida. Estos detectores estarán conectados a la centra de alarmas de la estación, que tiene un propio tablero eléctrico.

2.7.3. Puesta a tierra

De acuerdo con el Código Nacional de Electricidad (ver ANEXO U), un electrodo simple de puesta a tierra debe tener una resistencia no mayor a 25,00 Ω . Asimismo, la

norma UNE 60620-3 establece que el valor máximo de la resistencia del electrodo para la ERM es 20,00 Ω . Se exige un valor menor de resistencia para instalaciones que albergan subestaciones, líneas de transmisión, entre otros.

En nuestro caso, se instalará dos puestas a tierra dentro del perímetro de la estación de GNV, una conectada a la ERM y RCA; otra, conectada al cuarto de tableros eléctricos. Los electrodos verticales de pozo son los más empleados debido al mínimo espacio que necesitan, para calcular la resistencia del electrodo vertical se aplica:

$$R_e = \frac{\rho_t}{2 \cdot \pi \cdot L_e} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot L_e}{d_e} - 1 \right) \quad (5.10)$$

Donde:

- R_e = Resistencia del electrodo, [Ω]
- ρ_t = Resistividad del terreno, [$\Omega \cdot m$]
- L_e = Longitud del electrodo, [m]
- d_e = Diámetro del electrodo, [m]

Para el cálculo de la resistencia del electrodo, se consideró una longitud de 2,50 metros y un diámetro de $\frac{3}{4}$ " (19,05 milímetros), ya que son las condiciones aplicadas en la industria. De acuerdo con Llavilla (2014), se consideró el terreno del tipo Turba Húmeda (fácil penetración) con una resistividad igual a 100 $\Omega \cdot m$.

Se realizó el cálculo con estos datos iniciales, teniendo:

$$R_e = \frac{100,00 \Omega \cdot m}{2 \cdot \pi \cdot 2,50 m} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 2,50 m}{0,01905 m} - 1 \right)$$

$$R_e = 39,86 \Omega$$

El valor calculado es mayor al requerido por el Código Nacional de Electricidad, por lo que es necesario aplicar técnicas para reducir la resistividad del terreno. Llavilla (2014) menciona técnicas como:

- Cambio de terreno: El terreno es compactado para obtener adherencia y eliminar burbujas de aire, en un radio entre 30,00 y 50,00 cm alrededor del electrodo. El porcentaje de reducción de la resistividad natural del terreno es del 40,00 %.
- Tratamiento del terreno: Se emplea bentonita (sal industrial) y cemento conductivo (THOR GEL), que logra un porcentaje de reducción de la resistividad inicial del 40,00%.

Se realizó el cálculo con estas consideraciones aplicadas, obteniendo un valor aceptable de:

$$R_e = \frac{36,00 \Omega \cdot m}{2 \cdot \pi \cdot 2,50 m} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 2,50 m}{0,01905 m} - 1 \right)$$

$$R_e = 14,35 \Omega$$

Como se mencionó, se instalará una puesta a tierra de electrodo vertical conectada a la ERM y RCA; y una puesta a tierra de electrodo vertical conectada al cuarto de tableros eléctricos, en ambas configuraciones el terreno deberá ser compactado y tratado químicamente con bentonita y cemento conductivo, con el fin de reducir la resistividad inicial del terreno.

2.7.4. Hidrantes contraincendios y Extintores

Según la NTP 111.019 (ver ANEXO B), existirán dos hidrantes contraincendios en un radio no mayor a cien metros de la estación de Gas Natural Vehicular. Respecto a los extintores, serán del tipo ABC de PQS (polvo químico presurizado) de 12,00 kg y estarán ubicados en:

- 01 en la estación de regulación y medición.
- 01 en el recinto de compresores.
- 01 en la zona de almacenamiento de GNV.
- 01 en cada isla de surtidor.
- 01 en el edificio comercial de la estación.
- 01 en el cuarto de los tableros eléctricos.
- 01 alrededor de la electrolinera.

2.7.5. Señales de seguridad

Se instalarán letreros de seguridad según lo indicado en la NTP 399.010, en la ERM, en el RCA, y en la isla de despacho.

2.7.6. Paradas de emergencia

Se instalarán pulsadores de emergencia conectados al tablero eléctrico del compresor, que cortará el suministro eléctrico al compresor y los surtidores en caso sea requerido. Se ubicarán en:

- 01 en la estación de regulación y medición.
- 02 en el recinto de compresión y medición.
- 01 en los alrededores del surtidor.

2.8. Diseño de la Electrolinera

Una electrolinera provee el servicio de recarga eléctrica para vehículos eléctricos, o híbridos, siendo un símil a una estación de recarga de combustible. La inclusión de una electrolinera al diseño de la estación de GNV es un atractivo para los usuarios, promoviendo el uso de energías limpias en el transporte particular.

Según se distinguen tres tipos de carga para los vehículos eléctricos (VE):

- Recarga lenta: El VE demora de 5,00 a 8,00 horas en cargarse. Normalmente se instala en hogares, para uso propio.
- Recarga semi rápida: El VE demora de 1,00 a 3,00 horas en cargarse. Normalmente se instala en centros comerciales, playas de estacionamiento, para uso común y repentino.
- Recarga rápida: El VE demora de 10,00 a 30,00 minutos en cargarse. Normalmente se instala en estaciones de servicio, destinadas a uso comercial.

Existen modos de carga que dependen de la conexión entre el VE y la infraestructura de carga eléctrica, presentados en la Tabla 24.

Tabla 24

Modos de carga de los vehículos eléctricos

Modo de carga	Tipo de recarga	Corriente máxima	Potencia	Tensi^on	Dispositivo requerido
Modo 01	Lenta	16,00 A	3,70 – 11,00 kW	AC	Protección diferencial y termomagnéticas
Modo 02	Lenta	32,00 A	7,40 – 22,00 kW	AC	Protección diferencial y termomagnéticas, control piloto
Modo 03	Semi rápida	16,00 A	14,80 – 44,00 kW	AC	Sistema de Alimentación específico del Vehículo Eléctrico (SAVE)
Modo 04	Rápida	125,00 A	50,00 kW	CC	Sistema de Alimentación específico del Vehículo Eléctrico (SAVE)

Nota. Adaptado de Trashorras (2019)

Según el diseño de la estación de GNV, y por su uso comercial se incluirá una estación de recarga rápida, empleando el modo de carga 04, destinando una zona específica para en la distribución de planta para este servicio.

2.8.1. Selección de la electrolinera

Los parámetros considerados para la selección de la electrolinera son los siguientes:

- Seguridad: Protección frente a cortocircuitos, sobrecargas, altas temperaturas.
- Conectividad: Los conectores empleados por los vehículos son estandarizados por la norma Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en su norma IEC 62196-2:2011 (Barros & Ortega, 2018).
- Facilidad de uso: El usuario sea capaz de conectar su propio vehículo, seleccionando el tiempo de recarga y pagando por el servicio, siendo un autoservicio.

En la búsqueda de fabricantes de cargadores de VE que cumplan los parámetros mencionados, se seleccionó el Cargador EVlink para una carga rápida en Corriente Continua, véase la Tabla 25. Para más detalle véase el ANEXO V.

Tabla 25

Características de la electrolinera seleccionada

Característica	Valor
Modelo	EVlink
Potencia	24 kW
Tensión	380 V AC
Frecuencia	60 Hz
Corriente	35 A
Conectores	CHAdEMO, SAE CCS Combo 2, T2S

2.9. Diseño del Sistema Eléctrico

2.9.1. Factor de simultaneidad

El factor de simultaneidad expresa el grado de diversidad de las cargas en un sistema, al momento de operación. En otras palabras, la operación simultánea de las cargas de un sistema no ocurre, por lo que el factor de simultaneidad expresa esta relación (Robles, 2007).

La Tabla 26 muestra la capacidad instalada por cada equipo presente en la estación de GNV, y el factor de simultaneidad por equipo según Nuñez (2018).

Tabla 26

Capacidad instalada, factor de simultaneidad y tensión requerida por equipo

Equipo	Capacidad instalada (kW)	Factor de simultaneidad	Tensión requerida (V)
Compresor de GNV 01	45,00	0,80	380,00
Compresor de GNV 02	45,00	0,80	380,00
Surtidor de GNV	0,90	1,00	220,00
Luminarias (37)	0,02 x 40	1,00	220,00
Detectores de gas (04)	0,10 x 04	1,00	220,00
Central de alarmas de GNV	0,50	1,00	220,00
Tomacorrientes	0,15 x 12	0,50	220,00
Compresor de aire (llenado de neumáticos)	1,50	0,80	220,00
Electrolinera	24,00	0,80	380,00

2.9.2. Intensidad de corriente de diseño

La intensidad de corriente nominal debe representar como máximo el 80,00 % de la capacidad del conductor eléctrico, es decir la intensidad de corriente de diseño, véase el ANEXO U.

$$I_d = 1.25 * I_n \quad (5.11)$$

Donde:

- I_d = Corriente de diseño del circuito, [A]

- I_n = Corriente nominal del circuito, [A]

La intensidad de corriente nominal de cualquier circuito es:

$$I_n = \frac{MD}{C * V * \cos\phi} \quad (5.12)$$

Donde:

- I_n = Corriente nominal del circuito, [A]
- MD = Máxima demanda de potencia, [W]
- C = Constante que depende del sistema, [adimensional]

Sistema monofásico $C = 1$, Sistema trifásico $C = \sqrt{3}$.

- V_n = Voltaje nominal, [V]
- $\cos\phi$ = Factor de potencia, [adimensional]

$\cos\phi = 0,80$ para industria.

2.9.3. Sección del conductor eléctrico

La máxima corriente que un conductor eléctrico a una determinada temperatura y de una determinada sección está definida según la Figura 23; los conductores son de cobre y la sección mínima es $2,50 \text{ mm}^2$ para circuitos de fuerza y alumbrado, y $1,50 \text{ mm}^2$ para cables de circuitos de control, según el ANEXO U.

Figura 23

Capacidad de corriente de conductores de cobre aislados

Sección nominal del conductor [mm ²]	Cables multipolares				Cables unipolares			
	Método de instalación de acuerdo a la NTP 370.301 (IEC 60364-5-523)							
	Dos conductores de carga		Tres conductores de carga		Dos conductores de carga al contacto		Tres conductores de carga en triángulo	
Aislamiento	PVC	XLPE o EPR	PVC	XLPE o EPR	PVC	XLPE o EPR	PVC	XLPE o EPR
Temperatura	70 °C	90 °C	70 °C	90 °C	70 °C	90 °C	70 °C	90 °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,5	22	26	18,5	23	-	-	-	-
2,5	30	36	25	32	-	-	-	-
4	40	49	34	42	-	-	-	-
6	51	63	43	54	-	-	-	-
10	70	86	60	75	-	-	-	-
16	94	115	80	100	-	-	-	-
25	119	149	101	127	131	161	110	135
35	148	185	126	158	162	200	137	169
50	180	225	153	192	196	242	167	207
70	232	289	196	246	251	310	216	268
95	282	352	238	298	304	377	264	328
120	328	410	276	346	352	437	308	383
150	379	473	319	399	406	504	356	444
185	434	542	364	456	463	575	409	510
240	514	641	430	538	546	679	485	607
300	593	741	497	621	629	783	561	703
400	-	-	-	-	754	940	656	823
500	-	-	-	-	868	1083	749	946
630	-	-	-	-	1005	1254	855	1088

Nota. Recuperado de Código Nacional de Electricidad (ver ANEXO U)

2.9.4. Caída de tensión según sección mínima

Se debe asegurar que la caída de tensión entre el origen y extremo de un conductor eléctrico sea la mínima permisible para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos receptores. La Ecuación (5.13) describe el cálculo de la caída de tensión según la sección del conductor (Nuñez, 2018).

$$\Delta V = \frac{2 * P * L_c}{\gamma * V_N * S_c} \quad (5.13)$$

Donde:

- ΔV = Caída de tensión permitida, [V]
- P = Potencia, [W]
- V_n = Voltaje nominal, [V]
- L_c = Longitud del cable, [m]
- γ = Conductividad del conductor, [$m/\Omega * mm^2$]

Para conductor de cobre $\gamma = 58,00$

La Tabla 27 muestra los cálculos realizados según las ecuaciones mencionadas.

Tabla 27

Conductores eléctricos y caídas de tensión

Tablero	Equipo	MD (W)	I_d (A)	S_c (mm²)	L_c (m)	ΔV (V)	ΔV (%)
T-C	Compresor de GNV 01	36000,00	85,56	16,00	18,78	4,79	1,26
T-C	Compresor de GNV 02	36000,00	85,56	16,00	18,78	4,79	1,26
T-D1	Tomacorrientes	375,00	1,54	2,50	25,88	1,22	0,77
T-D1	Iluminación	200,00	0,73	2,50	41,74	0,52	0,26
T-D2	Central de alarmas GNV	500,00	2,05	2,50	4,83	0,15	0,07
T-D2	Detectores de gas	400,00	1,64	2,50	12,11	0,30	0,14
T-D2	Iluminación	380,00	1,56	2,50	25,87	0,62	0,28
T-D2	Dispensador de GNV	900,00	3,69	2,50	16,34	0,92	0,42
T-D2	Compresor de Aire	1200,00	4,93	2,50	29,15	2,74	1,25
T-D3	Tomacorrientes	525,00	2,16	2,50	25,88	1,70	0,77
T-D3	Iluminación	165,00	0,60	2,50	41,74	0,58	0,26
T-E	Electrolinera	19200,00	45,63	16,00	18,78	2,56	0,67

3. EVALUACIÓN ECONÓMICA

3.1. Costos de inversión

La muestra el resumen de la inversión, que comprende los activos fijos tangible e intangibles, gastos preoperativos necesarios para la puesta en marcha.

Tabla 28

Costos de inversión

Descripción	Costo total (Soles)
Activo fijo tangible	1 343 904,00
Activo fijo intangible	28 940,00
Gastos preoperativos	13 800,00
Total	1 386 644,00

3.1.1. Activo fijo tangible

La Comprenden los gastos correspondientes a equipos, materiales, accesorios y consumibles necesarios para poner en marcha la estación de Gas Natural Vehicular. Para dispositivos y componentes del sistema de distribución de GNV se tomó como referencia el mercado internacional, debido a que no se identificaron proveedores locales. Se incluyen los equipos de oficina relacionados con el despacho del combustible. Además, los gastos comprendidos en las obras de construcción de la disciplina mecánica, civil y eléctrica también son considerados en este apartado. El detalle de los costos presentados se puede revisar en los Apéndices.

Tabla 29

Costo de activo fijo tangible

Descripción	Costo total (Soles)
Equipos, materiales, accesorios, consumibles	1 022 379,00
Equipos de oficina	4 950,00
Obras mecánicas, eléctricas y civiles	316 575,00
Total	1 343 904,00

Las obras mecánicas comprenden la instalación de todos los equipos, tuberías y accesorios involucrados desde en el sistema de compresión y almacenamiento del Gas Natural, incluyendo actividades de fabricación, montaje, torqueo, pintado y comisionamiento; las obras civiles comprenden la construcción de las infraestructuras, acondicionamiento de la losa y veredas; las obras eléctricas comprenden el tendido de conductores eléctricos, instalación de tableros, luminarias, tomas de corriente y comisionamiento.

3.1.2. Activo fijo intangible

El costo de la propuesta técnica comprende la elaboración, revisión, aprobación de la ingeniería básica y detalle de las instalaciones mecánicas, eléctricas y civiles, que comprenden lo necesario para la puesta en marcha de la estación de GNV; esta propuesta técnica deberá estar aprobada y validada por las entidades correspondientes previo al inicio de las actividades de construcción.

Asimismo, los costos por gestión y trámites del ITF, licencia municipal e inscripción registral a las entidades correspondientes son incluidos en este apartado.

Tabla 30

Costo activo fijo intangible

Descripción	Costo total (Soles)
Propuesta técnica	25 000,00
Informe Técnico Favorable	2 000,00
Licencia municipal	1 270,00
Inscripción registral	670,00
Total	28 940,00

3.1.3. Gastos preoperativos

Comprende los gastos necesarios de materiales para la puesta en marcha, para el primer año de funcionamiento de la estación de GNV. En los siguientes años, estos gastos se incluirán en los costos operativos.

Tabla 31

Costos gastos preoperativos

Descripción	Costo anual (Soles)
Materiales de limpieza	8 500,00
Materiales de oficina	3 800,00
Uniforme / EPPS del personal	1 500,00
Total	13 800,00

3.2. Costos de operación

3.2.1. Costos directos

3.2.1.1. Precio de compra del Gas Natural

El precio de compra del combustible es regulado y se encuentra en el pliego tarifario de la empresa encargada de la concesión en nuestra ciudad, en este caso PetroPerú. La Tabla 32 resume el costo total de compra del GN, véase el ANEXO W para más detalles.

Tabla 32

Precio de compra del Gas Natural

Descripción	Costo total/capacidad (Soles/Sm ³)
Margen capacidad	1,22
Margen distribución	0,08
Total, sin IGCV	1,30
Total, con IGCV	1,53

3.2.1.2. Costo del personal

Según Alama & Ramos (2019), es posible aplicar un factor de 1,45 al sueldo sin beneficios de un trabajador para poder incluir el costo de CTS, gratificaciones, vacaciones, asignaciones familiares y servicios de salud. Se considera el personal directo de atención al cliente.

Tabla 33

Costo del personal directo

Descripción		Cantidad	Remuneración mensual	Factor	Costo anual (Soles)
Vendedor	de isla	1,00	1 200,00	1,45	20 880,00
Turno A					
Vendedor	de isla	1,00	1 200,00	1,45	20 880,00
Turno B					
Vendedor	de isla	1,00	1 200,00	1,45	24 360,00
Turno C					
Total					66 120,00

3.2.1.3. Costo de servicio

Para calcular el costo de la energía eléctrica se revisó el pliego tarifario de la empresa encargada de la concesión en nuestra ciudad, la empresa SEAL. Se considera contratar el servicio de Baja Tensión (BT-4) con un suministro trifásico de 380-220 V.

Tabla 34

Consumo de energía en la estación de GNV

Descripción	Consumo/mes	Costo unitario	Costo total/mes
	(kWh/mes)	(Soles/kWh)	(Soles/mes)
Energía activa	18 849,60	0,30	5 720,85
Otros costos			450,00
Total, sin IGV			6 170,85
Total, con IGV			7 281,60

3.2.2. Costos indirectos

3.2.2.1. Costo del personal

Comprende al personal que indirectamente es parte del proceso de venta del GNV, es decir al personal administrativo de soporte.

Tabla 35

Costo del personal indirecto

Descripción	Cantidad	Remuneración	Factor	Costo anual
		mensual		(Soles)
Gerente general	1,00	4 500,00	1,45	78 300,00
Administrador	1,00	3 000,00	1,45	52 200,00
Asistente contable	1,00	2 500,00	1,45	43 500,00
Total				174 000,00

3.2.2.2. Costo de servicio

El costo por agua y desagüe, brindado por la concesión en nuestra ciudad, la empresa SEDAPAR es incluido en este apartado. Asimismo, incluye el servicio de mantenimiento necesario para los equipos del proceso de compresión, almacenamiento y distribución del GNV.

Tabla 36

Costos de servicio indirectos

Descripción	Costo anual (Soles)
Agua y desagüe	600,00
Telefonía e internet	1 200,00
Mantenimiento de equipos	4 800,00
Total	6 600,00

3.2.2.3. Costos operativos

Los gastos descritos en la Tabla 31 son considerados como gastos operativos para los siguientes años después de la apertura de la estación de GNV, y se incluirán en el análisis de flujo de caja económico (Alama & Ramos, 2019).

3.2.2.4. Depreciación de equipos

Según Macines (2009), se considera una depreciación lineal; para los equipos se considerará una depreciación en 10 años

3.3. Precio de venta del Gas Natural Vehicular

El precio de venta al usuario del combustible es determinado por el precio de compra del gas natural y el margen de ganancia, que cubrirá los gastos de operación anteriormente descritos.

Tabla 37

Precio de venta del Gas Natural Vehicular

Descripción	Costo total/capacidad (Soles/Sm³)
Precio de compra	1,30
Margen de ganancia estimado	0,50
Total, sin IGV	1,80
Total, con IGV	2,01

El margen de ganancia estimado se verificó posteriormente con el flujo de caja económico y financiero, para un periodo de 10 años.

3.4. Evaluación económica

3.4.1. Condiciones de la inversión

Para realizar la estación de GNV se requiere un monto de inversión, el cual se financiará a crédito, de 1 386 644,00 soles. El crédito será con una relación deuda/capital de 60/40 %, ver la Tabla 38.

Tabla 38

Condiciones de la inversión

Concepto	Porcentaje (%)	Inversión (Soles)
Aporte financiero	60,00	831 986,40
Aporte propio	40,00	554 657,60
Total	100,00	1 386 644,00

Normalmente para la banca privada en nuestro país se entregan créditos a corto plazo; en este caso, se asumirá un crédito pagado a cuatro años en cuotas iguales pagadas trimestralmente, según la Tabla 39.

Tabla 39

Condiciones del financiamiento

Concepto	Unidad	Valor
Préstamo	Soles	612 615,00
Tasa de interés efectivo	%	12,00
Plazo de pago	años	4,00
Pagos por año	unid.	4,00
Periodos de pago	unid.	16,00
Periodos de gracia	unid.	4,00
Periodos de amortización	unid.	12,00

El consolidado anual de la deuda total se presenta en la Tabla 40, con los intereses y los montos de amortización anuales.

Tabla 40

Consolidado anual de la deuda adquirida

Año	Préstamo (Soles)	Intereses (Soles)	Amortización (Soles)	Cuota (Soles)
1	831 986,00	99 838,37	0,00	99 838,37
2	831 986,00	89 073,51	245 258,84	334 332,36
3	586 727,56	58 291,37	276 040,99	334 332,36
4	310 686,57	23 645,79	310 686,57	334 332,36

3.4.2. Flujo de caja económico y financiero

Según las proyecciones, en tres años la estación de GNV alcanzará su capacidad máxima de venta con los equipos del diseño inicial, siendo 208 800,00 $\frac{Sm^3}{año}$ en el año 2028, debido a que la curva de aprendizaje es corta, ya que presenta una ventaja económica frente a los sustitutos en el mercado (Macines, 2009).

La Figura 24 muestra el flujo de caja económico y financiero, en un análisis de 10 años, con dichos resultados es posible calcular el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Si el VAN es positivo, se considera que el proyecto de inversión es rentable; mientras que, si el VAN es negativo, el proyecto de inversión no es rentable en el tiempo. Según los cálculos, la relación Beneficio/Costo (B/C) es mayor a 1, lo que se traduce en que se recupera la inversión y se obtiene un beneficio económico después de un periodo de 10 años (Ortega, 2016).

Figura 24
Flujo de caja económico y financiero

AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MONEDA	SOLES	SOLES	SOLES	SOLES	SOLES	SOLES	SOLES	SOLES	SOLES	SOLES	SOLES
VENTA DE GNV	S/ -	S/ 3,506,220.00	S/ 3,668,760.00	S/ 3,993,840.00	S/ 4,318,920.00	S/ 4,318,920.00	S/ 4,318,920.00	S/ 4,318,920.00	S/ 4,318,920.00	S/ 4,318,920.00	S/ 4,318,920.00
TOTAL INGRESOS	S/ -	S/ 3,506,220.00	S/ 3,668,760.00	S/ 3,993,840.00	S/ 4,318,920.00	S/ 4,318,920.00	S/ 4,318,920.00	S/ 4,318,920.00	S/ 4,318,920.00	S/ 4,318,920.00	S/ 4,318,920.00
COSTOS DIRECTOS DE OPERACIÓN											
COMPRA DE GNV	S/ -	S/ 2,478,600.00	S/ 2,610,792.00	S/ 2,842,128.00	S/ 3,073,464.00	S/ 3,073,464.00	S/ 3,073,464.00	S/ 3,073,464.00	S/ 3,073,464.00	S/ 3,073,464.00	S/ 3,073,464.00
COSTO DEL PERSONAL DIRECTO	S/ -	S/ 66,120.00	S/ 66,120.00	S/ 66,120.00	S/ 66,120.00	S/ 66,120.00	S/ 66,120.00	S/ 66,120.00	S/ 66,120.00	S/ 66,120.00	S/ 66,120.00
COSTO DE SERVICIO	S/ -	S/ 7,821.60	S/ 7,821.60	S/ 7,821.60	S/ 7,821.60	S/ 7,821.60	S/ 7,821.60	S/ 7,821.60	S/ 7,821.60	S/ 7,821.60	S/ 7,821.60
COSTOS INDIRECTOS DE OPERACIÓN											
COSTO DEL PERSONAL INDIRECTO	S/ -	S/ 174,000.00	S/ 174,000.00	S/ 174,000.00	S/ 174,000.00	S/ 174,000.00	S/ 174,000.00	S/ 174,000.00	S/ 174,000.00	S/ 174,000.00	S/ 174,000.00
COSTO DE SERVICIO	S/ -	S/ 6,600.00	S/ 6,600.00	S/ 6,600.00	S/ 6,600.00	S/ 6,600.00	S/ 6,600.00	S/ 6,600.00	S/ 6,600.00	S/ 6,600.00	S/ 6,600.00
COSTOS OPERATIVOS	S/ -	S/ 13,800.00	S/ 13,800.00	S/ 13,800.00	S/ 13,800.00	S/ 13,800.00	S/ 13,800.00	S/ 13,800.00	S/ 13,800.00	S/ 13,800.00	S/ 13,800.00
DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS	S/ -	S/ 93,960.00	S/ 93,960.00	S/ 93,960.00	S/ 93,960.00	S/ 93,960.00	S/ 93,960.00	S/ 93,960.00	S/ 93,960.00	S/ 93,960.00	S/ 93,960.00
TOTAL COSTOS	S/ -	S/ 2,840,901.60	S/ 2,973,093.60	S/ 3,204,429.60	S/ 3,435,765.60	S/ 3,435,765.60	S/ 3,435,765.60	S/ 3,435,765.60	S/ 3,435,765.60	S/ 3,435,765.60	S/ 3,435,765.60
UTILIDAD DE OPERACIÓN	S/ -	S/ 665,318.40	S/ 695,666.40	S/ 789,410.40	S/ 883,154.40	S/ 883,154.40	S/ 883,154.40	S/ 883,154.40	S/ 883,154.40	S/ 883,154.40	S/ 883,154.40
ACTIVOS	S/ 1,386,644.00										
FLUJO NETO ECONÓMICO	S/ -1,386,644.00	S/ 665,318.40	S/ 695,666.40	S/ 789,410.40	S/ 883,154.40	S/ 883,154.40	S/ 883,154.40	S/ 883,154.40	S/ 883,154.40	S/ 883,154.40	S/ 883,154.40
BENEFICIOS											
APORTE FINANCIERO	S/ 831,986.40	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
APORTE PROPIO	S/ 554,657.60	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
PAGOS											
CUOTA	S/ -	S/ 99,838.37	S/ 334,332.36	S/ 334,332.36	S/ 334,332.36	S/ 334,332.36	S/ 334,332.36	S/ 334,332.36	S/ 334,332.36	S/ 334,332.36	S/ 334,332.36
FLUJO NETO FINANCIERO	S/ -	S/ 565,480.03	S/ 361,334.04	S/ 455,078.04	S/ 548,822.04	S/ 883,154.40	S/ 883,154.40	S/ 883,154.40	S/ 883,154.40	S/ 883,154.40	S/ 883,154.40
VAN	S/ 3,192,689.49										
TIR	53.27%										
B/C	2.30										



CAPÍTULO III: RESULTADOS

CAPÍTULO III:

RESULTADOS

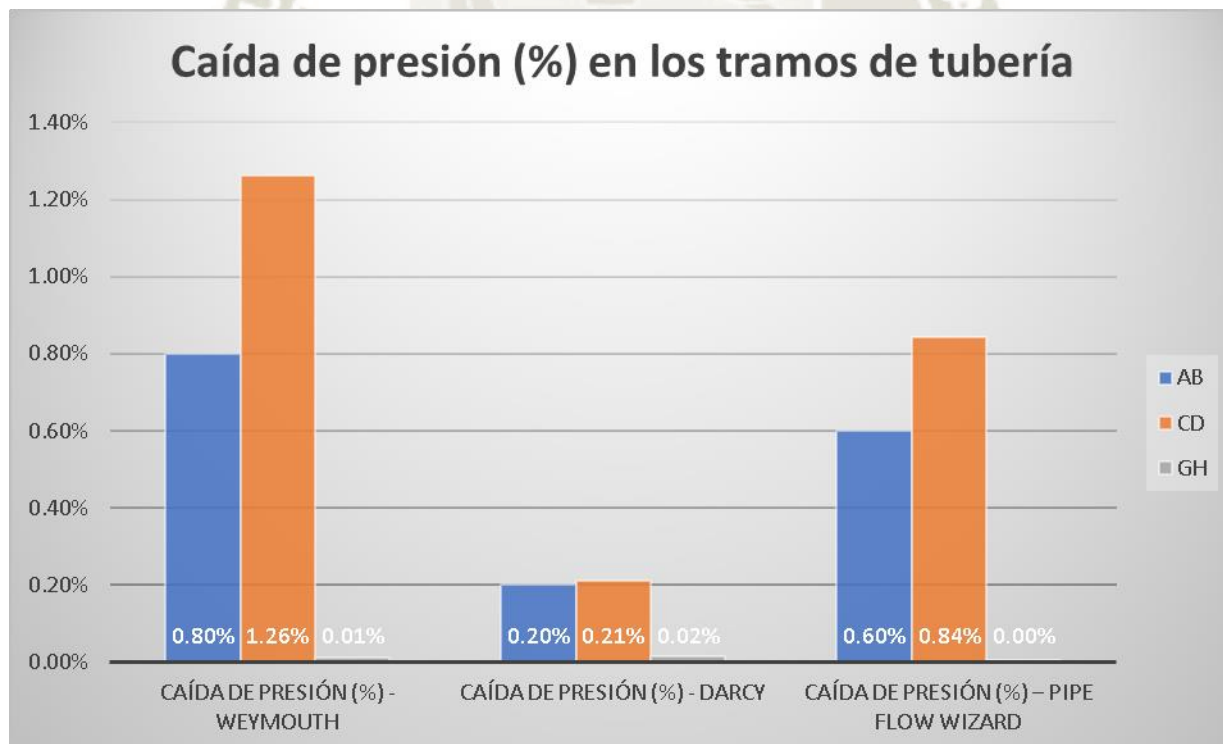
1. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

1.1. Diseño de la estación de Gas Natural Vehicular

La Figura 25 muestra las caídas de presión en porcentaje al emplear Ecuación de Weymouth, la Fórmula simplificada de Darcy y el software *PIPE FLOW EXPERT*.

Figura 25

Caída de presión porcentual en los tramos de tubería



Los resultados obtenidos empleando la Ecuación de Weymouth son más conservadores respecto a los resultados obtenidos empleando el software *PIPE FLOW EXPERT* y la Fórmula simplificada de Darcy. Se entiende que el software es más complejo en los cálculos que realiza, ya que emplea factores de fricción obtenidos según la ecuación Colebrook-White y la pérdida de presión por fricción obtenida de la ecuación Darcy-Weisbach. En cambio, la Fórmula simplificada de Darcy emplea nomogramas para obtener resultados, por lo que su aproximación puede no resultar exacta.

Asimismo, es importante que el diseño realizado se ajuste a lo comentado en la normativa peruana aplicable, destacando lo siguiente:

- En la NTP 111.010, artículo 14.2.6 menciona que los espesores mínimos de las paredes de tuberías de acero roscadas deben corresponder a la cédula 40 (SCHEDULE 40), lo cual se verifica según la Tabla 19.
- La velocidad de circulación del GN deberá ser inferior a $30,00 \frac{m}{s}$, con el objetivo de disminuir vibraciones y ruido en las tuberías, lo cual se verifica en la Tabla 41. Los resultados se calcularon según la Ecuación (5.7) y el software *PIPE FLOW EXPERT*.

Tabla 41

Velocidades del fluido en los tramos de tubería

Tramo	Velocidad calculada $\left(\frac{m}{s}\right)$	Velocidad <i>PIPE FLOW EXPERT</i> $\left(\frac{m}{s}\right)$	Velocidad máxima $\left(\frac{m}{s}\right)$
AB	17,05	18,12	30,00
CD	17,90	19,03	30,00
GH	1,51	1,49	30,00

- Según la Tabla 27, la caída de tensión (ΔV %) es menor a 2,50 % en todos los casos, cumpliendo lo recomendado por el Código Nacional de Electricidad (CNE) en el Art. 3.2.3 (ver ANEXO U).
- Según la Tabla 23, se instalarán un sistema de protección catódica en el tramo AB (media presión) y en el tramo GH (alta presión), siguiendo lo recomendado por la NTP 111.010 (ver ANEXO C).

1.2. Proyecciones a futuro

La demanda diaria puede incrementarse, según el número de vehículos que asistirán a la estación de servicios, sin embargo, el caudal necesario no variará significativamente, pues está en función del tiempo de abastecimiento por vehículo. El escenario 01 corresponde a lo diseñado en este documento, para la demanda proyectada al inicio del año 2025; asimismo, se revisó la capacidad de crecimiento de la estación de GNV, generando los siguientes escenarios, véase la Figura 26.

Figura 26

Proyección de demanda anual, vehículos atendidos y vehículos por día de la estación de GNV



La proyección se basa en el índice de atención de vehículos recomendado por la IGU, desde 600 hasta 1000 vehículos por estación es sostenible económicamente. Cabe resaltar que un índice elevado en las estaciones implica que los usuarios tengan que esperar para abastecer el combustible, y en cambio, un índice pequeño presumiría que la estación no es sostenible con las ventas del combustible. Según Macines (2009), al tener ventaja económica frente a sus sustitutos, la estación de GNV llegará en tres años a su capacidad máxima.

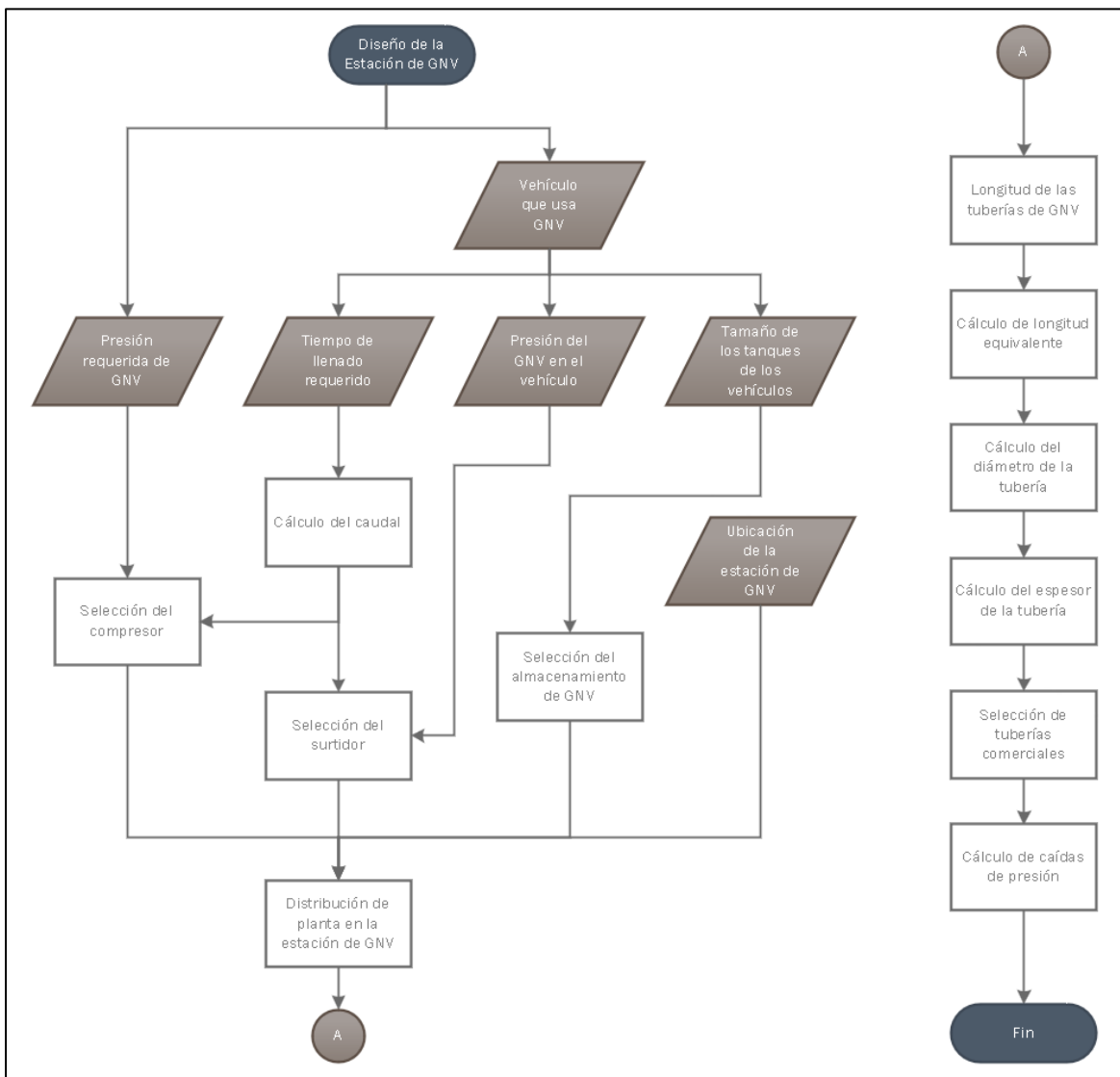
1.3. Diagrama de flujo del diseño de la estación de Gas Natural Vehicular

Al revisar la consistencia de los resultados obtenidos, es posible plantear un proceso de análisis que guíe el diseño de una estación de GNV y pueda ser de utilidad

en futuras investigaciones, con la consigna de mejorar el diseño propuesto en este documento. Véase los valores de entrada para los cálculos propuestos, en la Figura 27.

Figura 27

Diagrama de flujo de diseño de la Estación de GNV



CONCLUSIONES

- Se diseñó la estación de Gas Natural Vehicular para cubrir la demanda proyectada de $135\,000,00 \frac{\text{Sm}^3}{\text{mes}}$, atendiendo aproximadamente 300 vehículos livianos por día, con un tiempo de atención de 4 minutos.
- Se seleccionó la tubería de 1-1/2" de SCH40 ASTM grado B para las tuberías de media presión y la tubería de 1" de SCH160 ASTM grado B para las tuberías de alta presión, y se calculó las caídas de presión en las mismas utilizando la Ecuación de Weymouth, la Fórmula simplificada de Darcy y el software *PIPE FLOW EXPERT*, siendo la caída de presión menor al 2,00 % en los tramos evaluados.
- Se seleccionó el compresor C50 de la marca ASPRO y se incluirá una batería de cilindro STANDARD, según el proceso Fast Fill. También, se seleccionó el surtidor AS 120 G (doble manguera) de la marca ASPRO para el suministro del combustible.
- Se diseñó el sistema de seguridad para la estación de gas natural vehicular, incluyendo el sistema de protección catódica, puestas a tierra, detectores de gas, extintores de grado ABC, pulsadores de parada de emergencia y letreros de seguridad según la normativa peruana.
- Se calculó la sección de los conductores eléctricos de los circuitos eléctricos, que fueron distribuidos en un tablero general (TG), tablero de distribución 1 (T-D1), tablero de distribución 2 (T-D2), tablero de distribución 3 (T-D3), tablero del compresor (T-C) y tablero de electrolinera (T-E).

- El diseño de una estación de Gas Natural Vehicular en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero presenta rentabilidad para los inversionistas, siendo el VAN de 3 192 689,49 soles, TIR de 53,27 % y la relación Beneficio/Costo de 2,39; para una inversión total de 1 386 644,00 soles, con una relación deuda/capital de 60/40%, tasa de interés de 12,00 %, 4 años.
- Se dibujó digitalmente los planos de ubicación, arquitectura básica, instalaciones mecánicas, instalaciones eléctricas y sistema de seguridad de la estación de Gas Natural Vehicular.



RECOMENDACIONES

- Analizar las Áreas de influencia I y II de la ubicación proyectada de la estación de Gas Natural Vehicular, a fin de cumplir con la normativa peruana.
- Verificar la existencia de redes de tubería de gas natural en los alrededores de la ubicación proyectada, a fin de no tener complicaciones con el suministro del combustible para la compresión y expendio del GNV.
- Diseñar las zonas de compresión, almacenamiento y surtidores para que estén lo más cerca entre sí según técnicamente sea posible, a fin de disminuir las caídas de presión en las tuberías de Gas Natural Vehicular.
- Instalar las tuberías de Gas Natural de la estación bajo el nivel de suelo (soterradas) y que solo tengan salidas para la instalación de equipos y dispositivos.
- Realizar la prueba de hermeticidad, una vez concluida la instalación del sistema de tuberías, para localizar y eliminar cualquier pérdida en el sistema. La presión de prueba es 1,50 veces la MAPO (presión máxima admisible de operación) por un tiempo mínimo de 2,00 horas. De acuerdo con la norma técnica AZ223.1-2002/NFPA, para la prueba de hermeticidad se emplea aire, nitrógeno, dióxido de carbono o un gas inerte. No se debe usar oxígeno ni hidrógeno.
- Realizar el flujo de caja económico y financiero de la estación de GNV, a fin de verificar la rentabilidad para el inversionista, de esta manera generar incentivos para el recambio energético en nuestra ciudad.

- Ejecutar las obras civiles, eléctricas y mecánicas acorde con el Reglamento Nacional de Edificaciones, Código Nacional de Electricidad y otras normativas aplicables en nuestro país.



REFERENCIAS

- Abanto, J. (2014). El Gas Natural en el Perú y los Proyectos Destinados a su Descentralización. *Derecho y Sociedad*, 42, 413–423. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechoysociedad/article/view/12495>
- Alama, H., & Ramos, M. (2019). *Estudio de pre factibilidad para la instalación de una Estación de Servicio en Huancayo*. Universidad de Lima.
- Asociación Automotriz del Perú. (2023). *Gas Natural Vehicular: Revisión internacional, mercado nacional y oportunidades* (pp. 1–30). https://aap.org.pe/observatorio-aap/Gas-natural-vehicular_Revision-internacional-mercado-nacional-y-oportunidades.pdf
- Barros, H., & Ortega, L. (2018). *Análisis y Diseño de la Instalación Eléctrica de una Electrolinera en la Ciudad de Cuenca*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16376/1/UPS-CT007975.pdf>
- California Energy Commission. (1999). *Evaluation of Compressed Natural Gas (CNG) Fueling Systems*.
- Castaño, D., & Patiño, G. (2003). *Estudio de los factores que inciden en el desempeño de motores de encendido provocado (MEP) convertidos a gas natural*. <https://hdl.handle.net/10495/64>
- Chávez, R. (2017). *Diseño de las instalaciones y redes internas de Gas Natural en una planta industrial de cochinilla en la ciudad de Arequipa* [Universidad Católica de Santa María]. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/6290>

- Clavijo, C. (2014). *Sistemas de protección catódica para tuberías enterradas de transmisión de gas natural* [Universidad Mayor de San Marcos].
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3788>
- Corrales, E. (2021). *Modificación de una estación de servicios con gasocentro de GLP para la instalación de un establecimiento de venta al público de gas natural vehicular, con suministro eléctrico basado en energía solar*. [Universidad Nacional de San Agustín]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/14292>
- Correo. (2022, June 22). Arequipa: Unos 16 mil taxistas evalúan conversión de unidades a GNV. *Correo*.
- Crane. (1989). *Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías* (1a ed.). McGraw-Hill.
- Deymi-Dashtebayaz, M., Farzaneh, M., & Reza, H. (2012). *Studying Transmission of Fuel Storage Bank to NGV Cylinder in CNG Fast Filling Station*. XXXIV(4), 429–435.
<https://www.scielo.br/j/jbsmse/a/w4xvPJ8nWChcXzRn9L8p47w/?format=pdf&lang=en>
- El Gas Noticias. (2022). Camiones a gas natural superan la altura y son presentados en Huancayo. *El Gas Noticias*.
- F-Chart Software. (2018). *EES Engineering Equation Solver for Microsoft Windows Operating Systems* (pp. 1–366). S.A. Klein. <http://fchart.com/>
- Garamendi, G., & Wakeham, L. (2019). *Mercado de gas natural vehicular en el Perú: impulso y desarrollo* [Universidad de Piura].
<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4582>

Gas Processors Suppliers Association. (2004). *Engineering Data Book*.
www.gasprocessors.com

ISO. (2017). *Road vehicles - Compressed natural gas (CNG) refuelling connector (ISO 14469:2017)*.

Li, Z. (2014). *Analysis of Natural Gas Vehicle Industry* [Savonia University of Applied Sciences].
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/76326/Li_Zhen.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Llavilla, A. (2014). *DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LAS TORRES 1 y 2 DEL PABELLON WILLIAM MORRIS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA DE AREQUIPA*. Universidad Católica de Santa María.

López, L. (2016). *El precio del Gas Natural Vehicular y su demandan potencial en Huancayo Metropolitano, 2014*.
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3308/Lopez%20Sua rez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

López, S. (2008). *Consideraciones técnicas y económicas de vehículos a Gas Natural* [Pontificia Universidad Católica del Perú].
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/1043>

Macines, C. (2009). *Estudio de ampliación de un servicentro con un gasocentro de GLP de uso automotriz de 5 000 galones de capacidad*. Universidad Nacional de Ingeniería.

Márquez, M. (2013). La Industria del Gas Natural en México. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 19(75).

<https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.1988.75.35448>

Mendoza, J., Salvador, J., De la Cruz, R., Zurita, V., & Llerena, M. (2021). *La industria del gas natural en el Perú. Mirando al Bicentenario y perspectivas recientes*.

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro-Industria-Gas-Natural-Peru-bicentenario.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2023). *Boletín Estadístico 2022 Primer Trimestre* (pp. 1–57).

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3939598/Bolet%C3%ADn%20Estad%C3%ADstico%202022%20-%20I%20Semestre.pdf?v=1671139304>

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (2022a). *Anuario Estadístico 2021* (pp. 1–221).

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4003609/ANUARIO%20ESTADISTICO-MTC-2021.pdf.pdf?v=1672275768>

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (2023b). *Anuario Estadístico 2022* (pp. 1–237).

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4577337/Anuario%20Estad%C3%ADstico%202022.pdf?v=1685395708>

Núñez, R. (2018). *Estación de repostaje de vehículos de gas natural comprimido para uso público* [Universidad de Sevilla].

<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/5944/fichero/PFC-5944-NUÑEZ.pdf>

Ortega, J. (2016). *Proyecto de inversión: Evaluación de factibilidad económica y financiera para la instalación de GLP para uso automotor en la estación de servicio de venta de combustibles líquidos-PICORP-ubicada en Lurigancho-Chosica*. Universidad Privada del Norte.

OSINERGMIN. (2020). *Informe de resultados. Consumo y Usos del Gas Natural* (pp. 1–17).

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2665716/ERCUE%20Gas%20Natural%20%202019-2020.pdf>

Pipe Flow. (2016). *Pipe Flow Expert User Guide* (pp. 1–205). Daxesoft Ltd. www.pipeflow.com

Porles, F. (2019). ¿Es realmente aprovechado el gas natural en el Perú? Estudio de su utilización y competitividad. *Enerlac*, III(2), 44–71.

<https://enerlac.olade.org/index.php/ENERLAC/article/view/89>

Robles, F. (2007). *Metodología para el cálculo de factores de simultaneidad y demanda* [Universidad Mayor de San Marcos].

https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/2126/Robles_af.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Tamayo, J., Salvador, J., Vásquez, A., & García, R. (2017). *La industria del gas natural en el Perú. A diez años del Proyecto Camisea* (J. Tamayo, J. Salvador, A. Vásquez,

& R. García, Eds.; Vol. 51, Issue 1).

https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro-Industria-Gas-Natural-Peru-10anos-Camisea.pdf

Trashorras, J. (2019). *Vehículos eléctricos*. Parainfo.

<https://books.google.com.ec/books?id=FMqwDwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

Uscamayta, J., & Cortez, H. (2019). *Evaluación experimental de la emisión de los productos de la combustión de un motor gasolinero Toyota 1S de 1.8l utilizando gas natural e hidrógeno bajo las condiciones ambientales de la ciudad del Cusco* [Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco].

<https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4023>

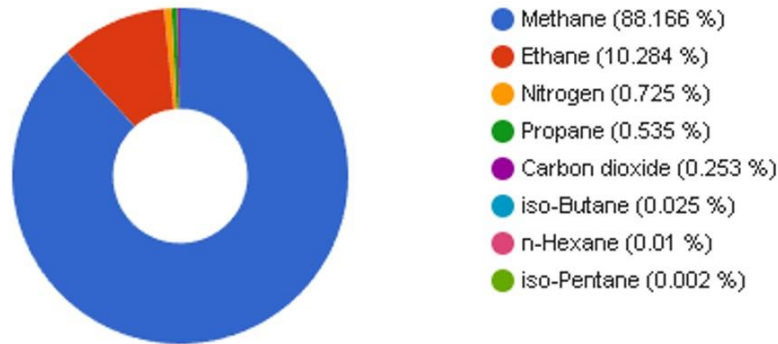
Zereceda, J. (2018). *Estudio de diseño de la instalación para gas natural en una planta textil en la ciudad de Arequipa* [Universidad Nacional de San Agustín].

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8662>

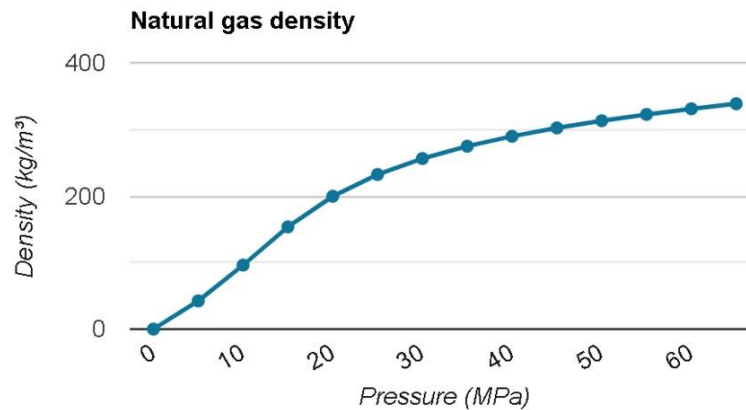
ANEXOS

ANEXO A: PROPIEDADES DEL GAS NATURAL

COMPOSICIÓN



GRÁFICO



PROPIEDADES

Temperature (°C)	15
Pressure (MPa)	0.101325
Mass density (kg/m ³)	0.755
<hr/>	
Compression factor (-)	0.9975
Molar mass (kg/kmol)	17.8118
Molar density (kmol/m ³)	0.0424

ANEXO B: NTP 111.019

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 111.019
2007**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI
Calle de la Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**GAS NATURAL SECO. Estación de servicio para venta
al público de gas natural vehicular (GNV)**

DRY NATURAL GAS. Service station for natural gas vehicular

**2007-06-06
2ª Edición**

R.0052-2007/INDECOPI-CRT. Publicada el 2007-06-20

Precio basado en 67 páginas

I.C.S.: 75.180.01

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Gas natural seco, estación de servicio, gas natural vehicular

ANEXO C: NTP 111.010

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 111.010
2003**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**GAS NATURAL SECO. Sistema de tuberías para
instalaciones internas industriales**

NATURAL DRY GAS. Piping system for industrial installations

**2003-11-27
1ª Edición**

R.0114-2003/INDECOPI-CRT. Publicada el 2003-12-17

Precio basado en 38 páginas

I.C.S.: 75.180.01

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptorios: Gas natural seco, tuberías, instalaciones eléctricas

ANEXO D: DECRETO SUPREMO N°006-2005-EM

Aprueban Reglamento para la instalación y operación de Establecimientos de Venta al Público de Gas Natural Vehicular (GNV)

DECRETO SUPREMO N° 006-2005-EM

CONCORDANCIAS: [R. N° 150-2005-OS-CD](#)

[R.D. N° 3990-2005-MTC-15 \(Directiva "Régimen de autorización y funcionamiento de las Entidades Certificadoras de Conversiones y Talleres de Conversión a GNV"\)](#)
[D.S. N° 043-2005-EM \(información sobre precios de venta de combustibles\)](#)
[R. N° 002-2005-CS-GNV \(Modelo del Dispositivo de Control Electrónico del Sistema de Control de Carga de GNV, Logotipo y Calcomanía Oficial GNV\)](#)

[D.S. N° 063-2005-EM, Art. 9](#)

[D.S. N° 003-2007-EM \(Dictan disposiciones para la simplificación de procedimientos administrativos para la obtención de autorizaciones de instalación y operación de establecimientos de venta al público de gas natural vehicular\)](#)

[R. N° 096-2007-OS-CD \(Reglamento para el Uso de Marcadores en los Combustibles Líquidos y Otros Productos Derivados de los Hidrocarburos\)](#)

[D.S. N° 043-2007-EM, Art. 215](#)
[R. N° 083-2010-OS-CD \(Procedimiento de Ventanilla Única para la Instalación y Operación de los Agentes de Gas Natural Vehicular - GNV\)](#)

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el Artículo 76 de la Ley N° 26221, Ley Orgánica de Hidrocarburos, establece que el transporte, distribución y comercialización de los productos derivados de los Hidrocarburos, se regirán por las normas que apruebe el Ministerio de Energía y Minas;

Que, es necesario dictar las normas que regulen la instalación y operación de Establecimientos de Venta al Público de Gas Natural Vehicular (GNV) y de Consumidores Directos de GNV, para lo cual se requiere aprobar el presente Reglamento, el que para su operatividad involucra la participación del Ministerio de la Producción y del Ministerio de Transportes y Comunicaciones,

ANEXO E: DECRETO SUPREMO N°050-2007-EM



MODIFICAN EL REGLAMENTO PARA LA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN
DE ESTABLECIMIENTOS DE VENTA AL PÚBLICO DE GNV
DECRETO SUPREMO N° 050-2007-EM

MODIFICAN EL REGLAMENTO PARA LA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS DE VENTA AL PÚBLICO DE
GAS NATURAL VEHICULAR

DECRETO SUPREMO N° 050-2007-EM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, mediante Decreto Supremo N° 006-2005-EM se aprobó el Reglamento para la Instalación y Operación de Establecimientos de Venta al Público de Gas Natural Vehicular (GNV);

Que, mediante Decreto Supremo N° 037-2007-EM, se establecieron medidas de seguridad, y se modificaron las distancias mínimas dentro y fuera de los Establecimientos de Venta al Público de Combustibles (Líquidos y GLP), tomando en consideración las exigencias señaladas en los Códigos Internacionales de Electricidad y las Normas Nacionales de Electricidad de Suministro y Utilización, aprobados por las Resoluciones Ministeriales N° 366-2001-EM/VME y N° 037-2006-MEM/DM, respectivamente;

Que, en este sentido, se debe uniformizar las distancias mínimas de seguridad para los Establecimientos de Venta al Público de Gas Natural Vehicular (GNV), tomando en consideración la normatividad para los Combustibles Líquidos y GLP; De conformidad con lo dispuesto en el Texto Único Ordenado de la Ley N° 26221, Ley Orgánica de Hidrocarburos, aprobado mediante Decreto Supremo N° 042-2005-EM y, las atribuciones previstas en los numerales 8) y 24) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

Artículo 1°.- Modificación del artículo 24° del Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 006-2005-EM

Modificar el artículo 24° del Reglamento para la Instalación y Operación de Establecimientos de Venta al Público de Gas Natural Vehicular (GNV), aprobado por Decreto Supremo N° 006-2005-EM, por el siguiente texto:

"Artículo 24°.- Distancias de los Establecimientos de Venta al Público de GNV a Estaciones y Subestaciones Eléctricas, a centros de afluencia masiva de público y a Establecimientos de Venta de Combustibles.

Se exigirá las distancias mínimas siguientes:

- a) Siete metros con sesenta centímetros (7.60 m) de los linderos de las estaciones y subestaciones eléctricas y centros de transformación y transformadores eléctricos. Las medidas serán tomadas a los puntos de emanación de gases. Dichas Estaciones y Subestaciones deberán encontrarse dentro de una caseta de material no inflamable.
- b) Siete metros y sesenta centímetros (7.60 m) desde la proyección horizontal de las subestaciones eléctricas o transformadores eléctricos aéreos hacia donde se puedan producir emanación de gases.
- c) Cincuenta (50) metros del límite de propiedad de: instituciones educativas, mercados, supermercados, establecimientos de salud con internamiento, templos, iglesias, cines, teatros, cuarteles, zonas militares, comisarías o zonas policiales, establecimientos penitenciarios y lugares de espectáculos públicos, que cuenten con Licencia Municipal o proyecto aprobado por la Municipalidad. En el caso de los establecimientos para los cuales no se requiere la licencia de funcionamiento, éstos deberán contar con el proyecto aprobado por la Municipalidad o con autorización equivalente para su funcionamiento emitida por la autoridad o entidad competente.

Dicha medición se hará en forma radial desde los puntos donde se pueden producir gases.

La distancia que debe existir entre Estaciones de Servicios, Grifos, Gasocentros de GLP para uso automotor y Establecimientos de Venta al Público de GNV o entre establecimientos de ambos tipos, se registrará por la normatividad del municipio correspondiente."

Artículo 2°.- Modificación del artículo 38° del Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 006-2005-EM

Modificar el artículo 38° del Reglamento para la Instalación y Operación de Establecimientos de Venta al Público de Gas Natural Vehicular (GNV), aprobado por Decreto Supremo N° 006-2005-EM, por el siguiente texto:

"Artículo 38°.- Distancia de los puntos de emanación de gases a las líneas eléctricas aéreas.

Los puntos de emanación de gases deben ubicarse a una distancia mínima con respecto a la proyección horizontal de las líneas aéreas que conduzcan electricidad según el siguiente cuadro:

TIPO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA	
Línea aérea de Baja Tensión (Tensión menor o igual a 1000 V)	7,6 m
Línea aérea de Media Tensión (Tensión mayor a 1000 V hasta 36000 V)	7,6 m
Línea aérea de Alta Tensión (Tensión mayor a 36000 V hasta 145000 V)	10 m
(Tensión mayor a 145000 V hasta 220000 V)	12 m

Artículo 3°.- Excepciones en el cumplimiento de distancias mínimas para ampliaciones y modificaciones de establecimientos para fines de incluir instalaciones de GNV

Gerencia de Fiscalización de Gas Natural

ANEXO F: DECRETO SUPREMO N°006-2013-PCM

<p>485854</p> <p style="text-align: center;">NORMAS LEGALES</p> <p style="text-align: right;"><small>El Peruano Lima, jueves 10 de enero de 2013</small></p> <p style="text-align: center;">PODER EJECUTIVO</p> <p style="text-align: center;">PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTROS</p> <p>Aprueba la relación de autorizaciones sectoriales de las Entidades del Poder Ejecutivo, que deben ser exigidas como requisito previo para el otorgamiento de la licencia de funcionamiento, de acuerdo a la Ley N° 28976, Ley Marco de Licencia de Funcionamiento</p> <p style="text-align: center;">DECRETO SUPREMO N° 006-2013-PCM</p> <p style="text-align: center;">EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA</p> <p>CONSIDERANDO:</p> <p>Que, mediante Ley N° 28976 - Ley Marco de Licencia de Funcionamiento, se establece el marco jurídico de las disposiciones aplicables al procedimiento para el otorgamiento de la licencia de funcionamiento expedida por las municipalidades;</p> <p>Que, de conformidad con lo dispuesto en la citada Ley, están obligadas a obtener licencia de funcionamiento las personas naturales, jurídicas o entes colectivos, nacionales o extranjeros, de derecho privado o público, incluyendo empresas o entidades del Estado, regionales o municipales, que desarrollen, con o sin finalidad de lucro, actividades de comercio, industriales o de servicios de manera previa a la apertura, o instalación de establecimientos en los que se desarrollen tales actividades;</p> <p>Que, las municipalidades distritales, así como las municipalidades provinciales, cuando les corresponde conforme a ley, son las encargadas de evaluar las solicitudes y otorgar las licencias de funcionamiento, así como de fiscalizar y aplicar las sanciones correspondientes, de acuerdo con las competencias previstas en la Ley N° 27972 - Ley Orgánica de Municipalidades;</p> <p>Que, para el otorgamiento de la licencia de funcionamiento será exigible, entre otros requisitos, la presentación de la copia simple de la autorización sectorial respectiva en el caso de aquellas actividades que conforme a ley la requieran de manera previa al otorgamiento de la licencia de funcionamiento;</p> <p>Que, de conformidad con lo dispuesto en la Séptima Disposición Final, Transitoria y Complementaria de la Ley N° 28976, mediante Decreto Supremo, con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros, se establecerá la relación de autorizaciones sectoriales que deben ser exigidas como requisito previo para el otorgamiento de la licencia de funcionamiento;</p> <p>De conformidad con el inciso 8) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú; la Ley N° 29158 - Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; la Ley N° 28976 - Ley Marco de Licencia de Funcionamiento; y, Con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros;</p> <p>DECRETA:</p> <p>Artículo 1°.- Ámbito de aplicación De conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28976 - Ley Marco de Licencia de Funcionamiento, las autorizaciones sectoriales que requerirán las municipalidades para el otorgamiento de las licencias de funcionamiento, serán únicamente las establecidas en el Anexo adjunto que forma parte integrante del presente decreto supremo. Para dicho efecto, los órganos encargados de la emisión de licencia de funcionamiento en el ámbito municipal se encontrarán impedidos de solicitar al administrado, autorizaciones sectoriales distintas a las consignadas en el presente</p>	<p>decreto supremo, bajo responsabilidad del funcionario competente.</p> <p>Artículo 2°.- Definición de autorizaciones sectoriales Las autorizaciones sectoriales son actos administrativos mediante los cuales, conforme a ley, la autoridad administrativa faculta, reconoce u otorga derecho a los administrados, o certifica que éstos se encuentran aptos para ejercer actividades de comercio, industriales o de servicios, bajo su ámbito de competencia sectorial. Se expresan bajo la forma de autorizaciones, licencias, permisos, concesiones, certificados, constancias y cualquier otra modalidad de acto administrativo que habilite para el ejercicio de las actividades antes mencionadas. La copia simple del documento que contiene la autorización sectorial constituye requisito previo para el otorgamiento de la licencia de funcionamiento.</p> <p>Artículo 3°.- Aprobación de la relación de autorizaciones sectoriales requeridas para el otorgamiento de la licencia de funcionamiento Aguébase el Anexo adjunto que contiene la relación de autorizaciones sectoriales requeridas para el otorgamiento de la licencia de funcionamiento.</p> <p>Artículo 4°.- Oportunidad de presentación de las autorizaciones sectoriales Las autorizaciones sectoriales a que se refiere el presente Decreto Supremo deben presentarse obligatoriamente al momento de solicitar el otorgamiento de la licencia de funcionamiento ante la respectiva Municipalidad, conforme a lo dispuesto por la Ley N° 28976 y serán requeridas por cada local o establecimiento cuya apertura se solicite.</p> <p>Artículo 5°.- Suspensión, cancelación, anulación o vencimiento de las autorizaciones sectoriales En caso de suspensión, cancelación, anulación o vencimiento del plazo de vigencia de una autorización sectorial emitida al administrado, la respectiva entidad sectorial queda obligada a comunicar por escrito a la Secretaría de Gestión Pública de la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM) y a la Municipalidad correspondiente, cuando la resolución esté firme o consentida, en un plazo de veinticuatro (24) horas. La Secretaría de Gestión Pública procederá a publicar dicha información en su portal. Corresponde a la Municipalidad, en un plazo de cuarenta y ocho (48) horas de recibida la comunicación del sector correspondiente, proceder a la suspensión, cancelación, o anulación de la licencia de funcionamiento otorgada.</p> <p>Artículo 6°.- Incorporación de nuevas autorizaciones sectoriales La incorporación de nuevas autorizaciones sectoriales en el Anexo del presente decreto supremo, que conforme a ley se requieran de manera previa al otorgamiento de la licencia de funcionamiento, se realizará mediante decreto supremo con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros y refrendado por el Sector involucrado de conformidad con el Decreto Ley N° 25629 y con la Ley N° 28976. Para ello, los Ministerios de los respectivos sectores competentes deben remitir sus propuestas a la Secretaría de Gestión Pública de la Presidencia del Consejo de Ministros, la que evaluará su legalidad y racionalidad, de acuerdo con los siguientes criterios:</p> <p>6.1 Para efectos de la competencia sectorial como análisis de legalidad, el Ministerio proponente deberá identificar la norma con rango de ley que le otorga la competencia a su sector para expedir la autorización sectorial y las normas administrativas que reglamentan dicha competencia (análisis de fondo), así como el decreto supremo que aprueba el procedimiento para la expedición de dicha autorización y del decreto supremo que incorpora dicho procedimiento en el Texto Único de Procedimientos Administrativos -TUPA- de la respectiva entidad sectorial (análisis de forma).</p> <p>6.2 En cuanto al análisis de racionalidad, los Ministerios proponentes deben justificar la incorporación de las nuevas autorizaciones sectoriales en función al</p>
---	--

ANEXO G: DECRETO SUPREMO N°040-2008-EM

376572 **NORMAS LEGALES** El Peruano
Lima, martes 22 de julio de 2008

del 2008, para el pliego Ministerio de Agricultura ascendente a la suma de **DOS MILLONES SETECIENTOS SESENTA Y UN MIL CIENTO CATORCE Y 00/100 NUEVOS SOLES (S/. 2 761 114,00)** por la fuente de financiamiento Recursos Ordinarios, de acuerdo al monto que se detalla en el Anexo de la presente Resolución.

Regístrese, publíquese y comuníquese.

JUAN MUÑOZ ROMERO
Director General
Dirección Nacional del Presupuesto Público

LEY N° 29142 DEL PRESUPUESTO DEL SECTOR PÚBLICO
PARA EL AÑO FISCAL 2008
ANEXO DE LA RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 037-2008-EF/76.01
AMPLIACIÓN DE LA PREVISIÓN PRESUPUESTARIA TRIMESTRAL MENSUALIZADA
PPTM - JULIO DEL AÑO FISCAL 2008
(EN NUEVOS SOLES)

FUENTE DE FINANCIAMIENTO: RECURSOS ORDINARIOS	
M. DE AGRICULTURA	JULIO
GASTOS CORRIENTES	2 761 114
BIENES Y SERVICIOS	2 761 114
TOTAL GENERAL	2 761 114
229271-1	

EDUCACION

Aprueban suscripción de Convenio de Administración de Recursos entre el Ministerio y la OEI, para la administración de recursos financieros del Programa de Educación Básica para Todos

**RESOLUCIÓN SUPREMA
N° 033-2008-ED**

Lima, 21 de julio de 2008

CONSIDERANDO:

Que, mediante el Oficio N° 2012-2008-DESP, de fecha 11 de julio de 2008, el Director de Educación Superior Pedagógica del Ministerio, adjuntando el Informe Técnico N° 56-2008-MED-DESP, propone la transferencia de recursos financieros a la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura –OEI con la finalidad que conduzca los procesos de selección para la contratación de universidades o institutos superiores pedagógicos públicos o privados encargados de la capacitación de docentes de educación básica especial, en el ámbito de Lima Metropolitana y el Callao, en la ejecución del Programa Nacional de Formación y Capacitación Permanente –PRONAFCAP 2008, con la finalidad de seleccionar con eficiencia y eficacia a las instituciones capacitadoras y permitir la correcta y oportuna ejecución de los recursos del presupuesto del año 2008, destinados al proceso de capacitación docente en la modalidad de educación básica especial;

Que, para efectivizar el citado proceso, resulta pertinente la celebración de un Convenio de Administración de Recursos con la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura –OEI, siendo necesario transferir a este organismo, la suma de S/. 2'013,329.00 (Dos millones trece mil trescientos veintinueve con 00/100 nuevos soles), para la selección de universidades o institutos superiores pedagógicos públicos o privados encargados de la capacitación de docentes de educación básica especial, en el ámbito de Lima Metropolitana y el Callao, en la ejecución del Programa Nacional de Formación y Capacitación Permanente –PRONAFCAP 2008;

Que, la Vigésimo Novena Disposición Final de la Ley N° 29142, Ley de Presupuesto del Sector Público para el Año Fiscal 2008, autoriza a las entidades del Gobierno

Nacional, durante los Años Fiscales 2007 y 2008, a suscribir Convenios de Administración de Recursos, Costos Compartidos, u otras modalidades similares, con organismos o instituciones internacionales, para encargarles la administración de sus recursos. Dichas modalidades deberán contar, previamente, con un Informe de la Oficina de Presupuesto, o la que haga sus veces, en el que demuestre las ventajas y beneficios de su concertación, así como la disponibilidad de recursos para su financiamiento, y aprobarse por Resolución Suprema refrendada por el Ministro del sector correspondiente. El procedimiento señalado se empleará también para el caso de las adendas, revisiones u otros que amplíen la vigencia, modifiquen o añadan metas no contempladas originalmente;

Que, en el Informe N° 256-2008-ME/SPE-UP de fecha 11 de julio de 2008, la Unidad de Presupuesto del Ministerio de Educación se ha pronunciado favorablemente respecto a la celebración del Convenio de Administración de Recursos con la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura –OEI, a efecto que conduzca los procesos necesarios para las contrataciones precisadas en los anteriores considerandos, precisando las ventajas y beneficios, así como la previsión presupuestal correspondiente al ejercicio 2008; a efectos de posibilitar la transferencia de recursos financieros hasta por el monto indicado;

Que, en consecuencia resulta necesario celebrar un Convenio de Administración de Recursos entre el Ministerio de Educación y la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura –OEI, y transferir los recursos para tal fin;

De conformidad con lo dispuesto en el Decreto Ley N° 25762, modificado por la Ley N° 26510, la Ley N° 29142 y el Decreto Supremo N° 006-2006-ED, Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Educación y sus modificatorias;

SE RESUELVE:

Artículo 1° - Aprobar la suscripción del Convenio de Administración de Recursos entre el Ministerio de Educación y la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura –OEI, con el objeto de encargar a dicho organismo internacional, la administración de los recursos financieros de la Unidad Ejecutora 026 –Programa de Educación Básica para Todos, para los fines expuestos en la parte considerativa de la presente Resolución, con cargo al presupuesto modificado del Pliego 010 –Ministerio de Educación, correspondiente al año 2008.

Artículo 2° - Autorizar al Secretario General del Ministerio de Educación a suscribir el Convenio de Administración de Recursos a que se refiere el artículo precedente.

Artículo 3° - Autorizar al Ministerio de Educación a transferir recursos hasta por DOS MILLONES TRECE MIL TRESCIENTOS VEINTINUEVE (S/. 2'013,329.00); al organismo internacional referido en la presente resolución, para cuyo efecto deberá fijar los procedimientos administrativos que corresponda conforme a Ley.

Artículo 4° - La presente Resolución Suprema será refrendada por el Ministro de Educación.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

JOSÉ ANTONIO CHANG ESCOBEDO
Ministro de Educación

229421-4

ENERGIA Y MINAS

Aprueban Texto Único Ordenado del Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos, aprobado mediante D.S. N° 042-99-EM

**DECRETO SUPREMO
N° 040-2008-EM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

ANEXO H: REQUISITOS PARA SOLICITAR INFORME TÉCNICO FAVORABLE

Requisitos:

Primera Etapa:

1. Solicitud.
2. Copia simple del documento de identidad. (para Personas Naturales)
3. Copia literal de la partida registral donde obre la constitución social. (para Personas Jurídicas)
4. Certificado de vigencia de poderes del representante legal. (para Personas Jurídicas) (#)
5. Copia simple del documento de identidad del representante legal. (para Personas Jurídicas)
6. Documento que acredite la propiedad o posesión legítima del terreno.
7. Copia de la DIA y del documento que acredite haber iniciado el trámite para su aprobación ante las D.G.A.A.E. - MINEM.
8. Memoria descriptiva, incluyendo los sistemas y equipos de seguridad.
9. Especificaciones técnicas de construcción, materiales y equipos.
10. Estudio de riesgos.
11. Documento emitido por la Municipalidad Provincial que indique que el predio no cuenta con habilitación urbana (requisito únicamente aplicable a establecimientos ubicados en carretera).
12. Relación de profesionales responsables del proyecto.
13. Plano de situación (escala 1:5000). (**, ***)
14. Plano de ubicación (escala 1:500) especificando la sección vial de las vías colindantes, refrendados por la Municipalidad Provincial. (**, ***)
15. Plano de distribución (escala 1:100). (**, ***)
16. Plano de instalaciones mecánicas de tanques, tuberías, surtidores, dispensadores y accesorios, según corresponda. Adicionalmente, los proyectos que contemplen la instalación de equipos para el expendio de GLP deberán presentar isométrico detallando tanques, válvulas, tuberías, equipos y accesorios. (**, ***)
17. Plano de instalaciones eléctricas que contenga la clasificación de áreas eléctricas. (**, ***)
18. Plano de obras civiles de instalación de tanques, tuberías, pavimentos y veredas. (**, ***)
19. Plano de circulación y radios de giro. (**, ***)
20. Plano de instalaciones sanitarias. En caso el proyecto incluya facilidades para el lavado y engrase de vehículos, deberá presentar adicionalmente el detalle de la trampa de aceites y grasas. (**, ***)
21. Plano de estructura de techos, de ser el caso, que cubra las islas de despacho y/o patio de maniobras, con detalle de los mismos. (**, ***)
22. Plano de ubicación de equipos contra incendio. (**, ***)

Segunda Etapa:

OTORGAMIENTO DEL INFORME TÉCNICO FAVORABLE.

23. Copia de la resolución que aprueba la DIA, emitida por la D.G.A.A.E.-MINEM, incluyendo las observaciones y levantamientos, si los hubiere. (##)

Certificado de Vigencia de Poderes con una antigüedad no mayor a 06 meses desde su emisión.

Estos requisitos serán presentados a OSINERGMIN en la Segunda Etapa en caso de no haber sido presentado en la primera etapa. Ello significa que el solicitante no necesita contar con dichos documentos para iniciar el procedimiento administrativo ante OSINERGMIN.

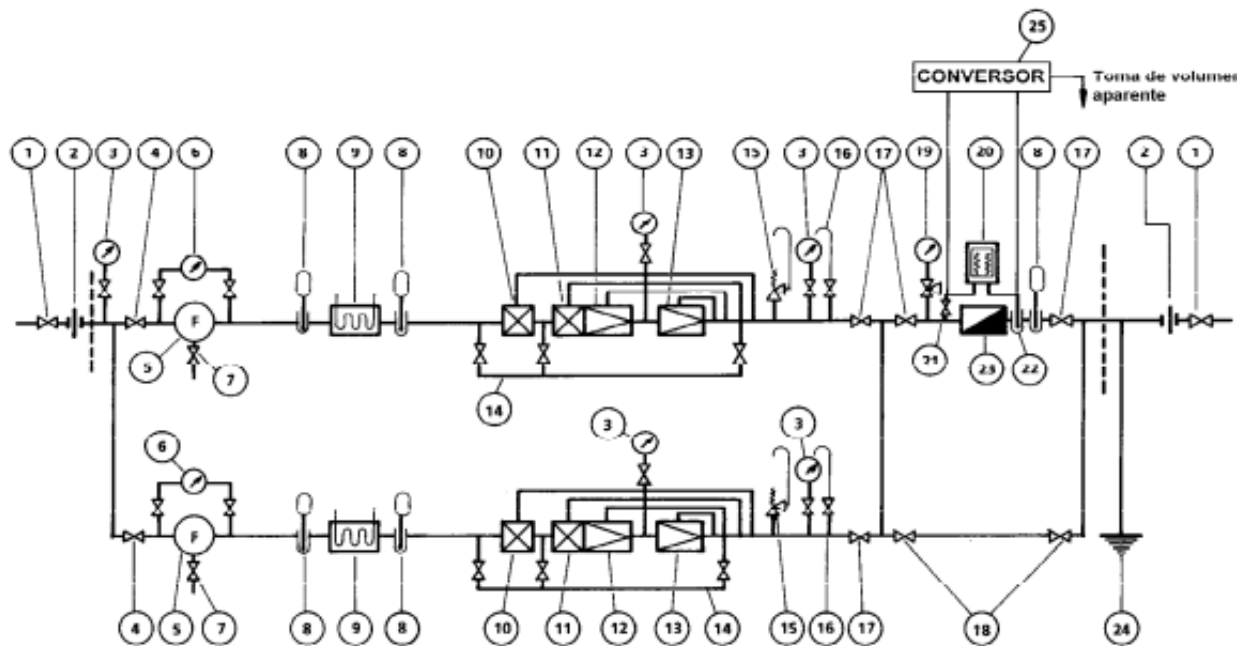
** Los planos deben señalar las distancias exigidas en las normas legales y ser presentados en escalas normalizadas adecuadas con excepción de las indicadas expresamente.

*** Planos firmados por el solicitante o su representante legal y por los profesionales responsables, inscritos y habilitados en el Colegio Profesional correspondiente.

ANEXO I: CILINDROS DE ALMACENAMIENTO DE GNV

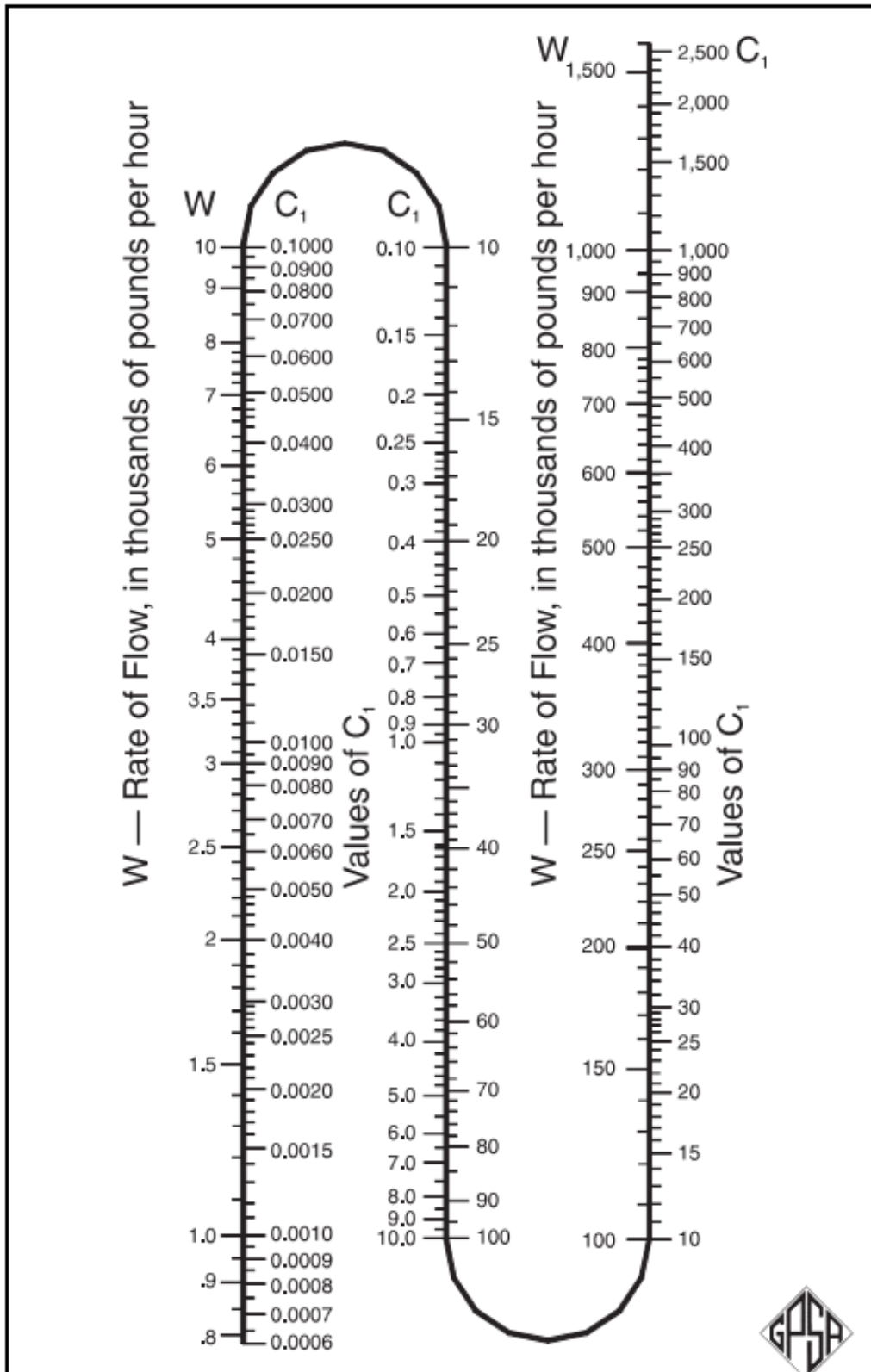
On Board Vehicle CNG Cylinders					
WORKING PRESSURE - 200 BAR					
TEST PRESSURE - 300 BAR					
MIN BURST PRESSURE - 450 BAR					
Water Capacity Ltr.	Diameter 'D' mm	Length 'L' mm	Weight Approx (kg)	Gas Capacity Cu.m.	Gasoline Equivalent Ltr.
22	232	700	28	5.52	6.95
25	232	785	31	6.3	7.9
30	232	910	36	7.53	9.48
40	232	1175	45	10.0	12.5
50	232	1440	54	12.5	15.6
30	267	725	36	7.53	9.4
40	267	925	44	10.0	12.5
45	267	1025	49	11.3	14.1
50	267	1125	54	12.5	15.6
60	267	1325	61	15.0	18.8
75	267	1625	75	18.8	23.5
80	267	1720	80	20.0	25.0
40	316	723	48	10.0	12.5
45	316	780	49	11.3	14.1
50	316	840	55	12.5	15.6
55	316	910	59	13.8	17.3
60	316	980	62	15.0	18.8
65	316	1050	64	16.3	20.4
70	316	1120	71	17.5	21.9
90	316	1400	88	22.5	28.1
120	316	1825	119	30	37.5
50	324	830	58	12.5	15.6
55	324	900	63	13.8	17.3
60	324	965	74	15.0	18.8
65	324	1035	78	16.3	20.4
75	324	1170	82	18.8	23.5
80	324	1235	92	20.0	25.0
90	324	1370	98	22.5	28.1
58	356	790	66	14.5	18.1
60	356	820	68	15.0	18.8
63	356	855	72	15.7	19.7
65	356	895	76	16.3	20.4
70	356	932	80	17.5	21.9
73	356	970	82	18.2	22.7
80	356	1035	84	20.0	25.0
90	356	1148	95	22.5	28.1
100	356	1280	105	25.0	31.3
120	356	1500	122	30	37.5
145	356	1750	142	36.2	45.4
85	406	890	92	21.2	26.5
90	406	925	97	22.5	28.1
100	406	1042	106	25.0	31.3
112	406	1119	119	28.0	35.0
120	406	1190	133	30.0	37.5
130	406	1300	129	32.5	40.6
140	406	1370	137	35.0	43.8

ANEXO J: ESQUEMA GENERAL DE LA ERM (UNE 60620-3)



POSICIÓN	DENOMINACIÓN
1	Válvulas generales de entrada y salida
2	Junta dieléctrica
3	Manómetro
4	Válvulas zona de alta
5	Filtro
6	Manómetro diferencial
7	Válvula de purga
8	Termómetro
9	Calentador
10	Válvula de seguridad (VIS) por máxima
11	Válvula de seguridad (VIS) por máxima y mínima
12	Regulador monitor
13	Regulador principal
14	By-pass para rearme (sólo estarán las conexiones)
15	Válvula de alivio (VES)
16	Válvula y conducto de purga
17	Válvulas zona baja presión
18	Válvulas de by-pass de contador
19	Manómetro de facturación o contrastación con válvula de tres vías
20	Registrador de presión y temperatura
21	Toma de presión para registrador y/o convertor
22	Toma de temperatura para registrador y/o convertor
23	Contador
24	Toma de tierra
25	Convertor de volumen

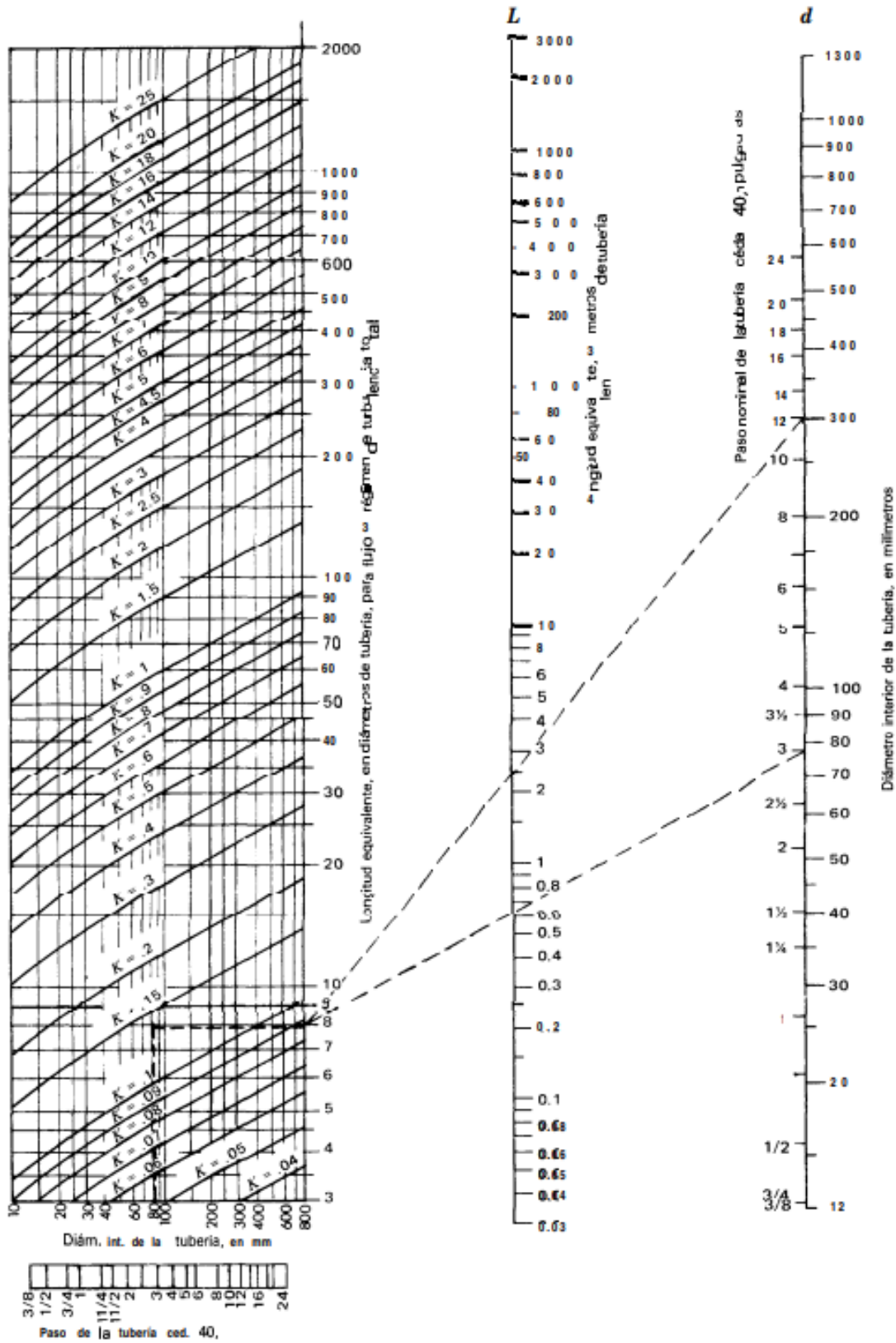
ANEXO K: FACTOR DE DESCARGA (C_1)



ANEXO L: FACTOR DE TAMAÑO (C_2)

Nominal pipe size in.	Schedule number	Value of C_2	Nominal pipe size in.	Schedule number	Value of C_2	Nominal pipe size in.	Schedule number	Value of C_2	
1/8	40 s	7 920 000.	8	20	0.133	18	10	0.002 47	
	80 x	26 200 000.		30	0.135		20	0.002 56	
1/4	40 s	1 590 000.		40 s	0.146		... s	0.002 66	
	80 x	4 290 000.		60	0.163		30	0.002 76	
3/8	40 s	319 000.		80 x	0.185		... x	0.002 87	
	80 x	718 000.		100	0.211		40	0.002 98	
1/2	40 s	93 500.		120	0.252		60	0.003 35	
	80 x	186 100.		140	0.289		80	0.003 76	
	160	430 000.		... xx	0.317		100	0.004 35	
	... xx	11 180 000.		160	0.333		120	0.005 04	
3/4	40 s	21 200.	10	20	0.039 7	140	0.005 73		
	80 x	36 900.		30	0.042 1	160	0.006 69		
	160	100 100.		40 s	0.044 7	20	10	0.001 41	
	... xx	627 000.		60 x	0.051 4		20 s	0.001 50	
1	40 s	5 950.		80	0.056 9		30 x	0.001 61	
	80 x	9 640.		100	0.066 1		40	0.001 69	
	160	22 500.		120	0.075 3		60	0.001 91	
	... xx	114 100.		140	0.090 5		80	0.002 17	
1 1/4	40 s	1 408.		160	0.105 2		100	0.002 51	
	80 x	2 110.		12	20		0.015 7	120	0.002 87
	160	3 490	30		0.016 8		140	0.003 35	
	... xx	13 640.	... s		0.017 5		160	0.003 85	
1 1/2	40 s	627.	40		0.018 0	24	10	0.000 534	
	80 x	904.	... x		0.019 5		20 s	0.000 565	
	160	1 656.	60		0.020 6		... x	0.000 597	
	... xx	4 630.	80		0.023 1		30	0.000 614	
2	40 s	169.	100		0.026 7		40	0.000 651	
	80 x	236.	120		0.031 0		60	0.000 741	
	160	488.	140		0.035 0		80	0.000 835	
	... xx	899.	160	0.042 3	100		0.000 972		
2 1/2	40 s	66.7	14	10	0.009 49		120	0.001 119	
	80 x	91.8		20	0.009 96		140	0.001 274	
	160	146.3		30 s	0.010 46	160	0.001 478		
	... xx	380.0		40	0.010 99	30	10	0.0001681	
3	40 s	21.4		... x	0.011 55		... s	0.0001719	
	80 x	28.7		60	0.012 44		20 xs	0.0001797	
	160	48.3		80	0.014 16		30	0.0001879	
	... xx	96.6		100	0.016 57		36	10	0.0000642
3 1/2	40 s	10.0		120	0.018 98			... s	0.0000654
	80 x	13.2		140	0.021 8			20 xs	0.0000678
	4	40 s	5.17	160	0.025 2			30	0.0000704
		80 x	6.75	16	10		0.004 63	40	0.0000731
120		8.94	20		0.004 83		Note: The letters s, x, and xx in the columns of Schedule Numbers indicate Standard, Extra Strong, and Double Extra Strong pipe respectively.		
160		11.80	30 s		0.005 04				
... xx	18.59	40 x	0.005 49						
5	40 s	1.59	60		0.006 12				
	80 x	2.04	80		0.007 00				
	120	2.69	100		0.008 04				
	160	3.59	120		0.009 26				
... xx	4.93	140	0.010 99						
6	40 s	0.610	160		0.012 44				
	80 x	0.798							
	120	1.015							
	160	1.376							
... xx	1.861								

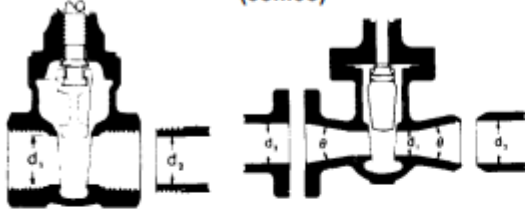
ANEXO M: NOMOGRAMA DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA (K_r)



ANEXO N: COEFICIENTES DE RESISTENCIA (K_r) VÁLIDOS PARA VÁLVULAS Y ACCESORIOS

VÁLVULAS DE COMPUERTA

De cuña, de doble obturador o tipo macho (cónico)



Si: $\beta = 1, \theta = 0 \dots \dots \dots K_1 = 8 f_T$
 $\beta < 1$ y $\theta < 45^\circ \dots \dots \dots K_2 = \text{Fórmula 5}$
 $\beta < 1$ y $45^\circ < \theta < 180^\circ \dots \dots K_2 = \text{Fórmula 6}$

VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE DISCO OSCILANTE

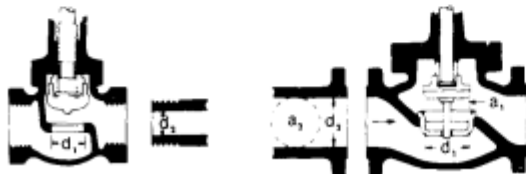


$K = 100 f_T$ $K = 50 f_T$

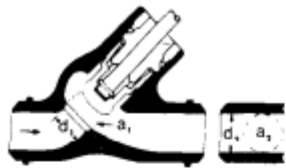
Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador

(m/seg) = $45 \sqrt{V}$ = $75 \sqrt{V}$
 (pie/seg) = $35 \sqrt{V}$ = $60 \sqrt{V}$
 U/L Registradas = $120 \sqrt{V}$ = $100 \sqrt{V}$

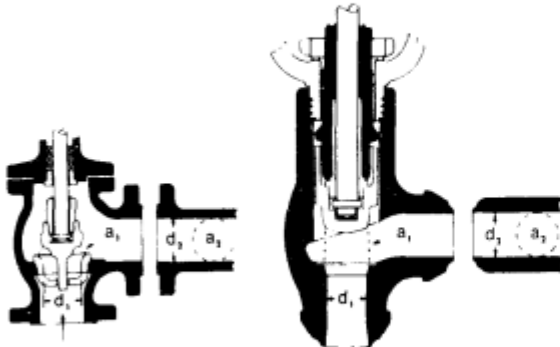
VÁLVULAS DE GLOBO Y ANGULARES



Si: $\beta = 1 \quad K_1 = 340 f_T$



Si: $\beta = 1 \dots \dots K_1 = 55 f_T$

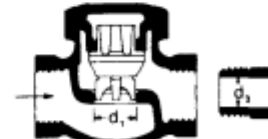


Si: $\beta = 1 \dots \dots K_1 = 150 f_T$ Si: $\beta = 1 \dots \dots K_1 = 55 f_T$

Todas las válvulas de globo y angulares con asiento reducido θ de mariposa

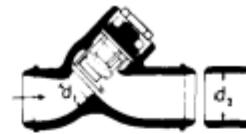
Si: $\beta < 1 \dots \dots K_2 = \text{Fórmula 7}$

VALVULAS DE RETENCIÓN DE OBTURADOR ASCENDENTE



Si: $\beta = 1 \dots \dots K_1 = 600 f_T$
 $\beta < 1 \dots \dots K_2 = \text{Fórmula 7}$

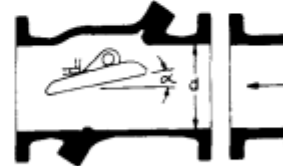
Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador = $50 \beta^2 \sqrt{V}$ m/seg $40 \beta^2 \sqrt{V}$ pie/seg



Si: $\beta = 1 \dots \dots K_1 = 55 f_T$
 $\beta < 1 \dots \dots K_2 = \text{Fórmula 7}$

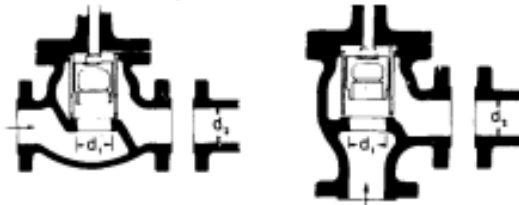
Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador = $170 \beta^2 \sqrt{V}$ m/seg $140 \beta^2 \sqrt{V}$ pie/seg

VALVULAS DE RETENCIÓN DE DISCO BASCULANTE



Pasos	$\alpha = 5^\circ$	$\alpha = 15^\circ$
50 mm (2") a 200 mm (8")	$K = 40 f_T$	$120 f_T$
250 mm (10") a 350 mm (14")	$K = 30 f_T$	$90 f_T$
400 mm (16") a 1200 mm (48")	$K = 20 f_T$	$60 f_T$
Velocidad mínima en la tubería para abrir totalmente el obturador = m/seg	$100 \sqrt{V}$	$40 \sqrt{V}$
pie/seg	$80 \sqrt{V}$	$30 \sqrt{V}$

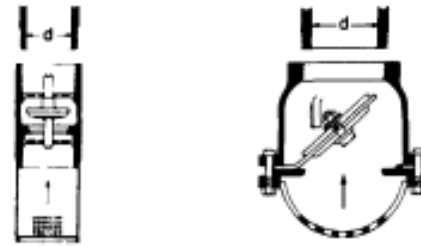
VÁLVULAS DE RETENCIÓN Y CIERRE
(Tipos recto y angular)



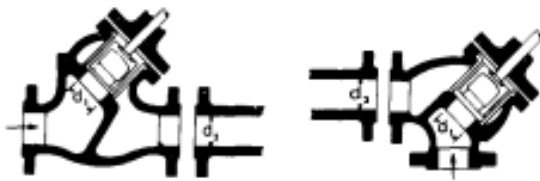
Si:	Si:
$\beta = 1 \dots K_1 = 400 f_T$	$\beta = 1 \dots K_1 = 200 f_T$
$\beta < 1 \dots K_2 = \text{Fórmula 7}$	$\beta < 1 \dots K_2 = \text{Fórmula 7}$
Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador	Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador
$m/\text{seg} = 70 \beta^2 \sqrt{V}$	$= 95 \beta^2 \sqrt{V}$
$\text{pie}/\text{seg} = 55 \beta^2 \sqrt{V}$	$= 75 \beta^2 \sqrt{V}$

VÁLVULAS DE PIE CON FILTRO

Obturador ascendente Obturador oscilante

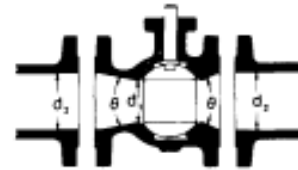


$K = 420 f_T$	$K = 75 f_T$
Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador	Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador
$m/\text{seg} = 20 \sqrt{V}$	$= 45 \sqrt{V}$
$\text{pie}/\text{seg} = 15 \sqrt{V}$	$= 35 \sqrt{V}$



Si:	Si:
$\beta = 1 \dots K_1 = 300 f_T$	$\beta = 1 \dots K_1 = 350 f_T$
$\beta < 1 \dots K_2 = \text{Fórmula 7}$	$\beta < 1 \dots K_2 = \text{Fórmula 7}$
velocidad mínima en la tubería para abrir totalmente el obturador	
$m/\text{seg} = 75 \beta^2 \sqrt{V}$	$\text{pie}/\text{seg} = 60 \beta^2 \sqrt{V}$

VÁLVULAS DE GLOBO



Si: $\beta = 1, \theta = 0 \dots \dots \dots K_1 = 3 f_T$
 $\beta < 1$ y $\theta < 45^\circ \dots \dots \dots K_2 = \text{Fórmula 5}$
 $\beta < 1$ y $45^\circ < \theta < 180^\circ \dots \dots K_2 = \text{Fórmula 6}$



$\beta = 1 \dots K_1 = 55 f_T$	$\beta = 1 \dots K_1 = 55 f_T$
$\beta < 1 \dots K_2 = \text{Fórmula 7}$	$\beta < 1 \dots K_2 = \text{Fórmula 7}$
Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador	
$m/\text{seg} = 170 \beta^2 \sqrt{V}$	$(\text{pie}/\text{seg}) = 140 \beta^2 \sqrt{V}$

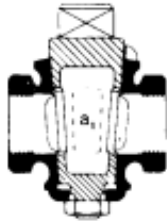
VÁLVULAS DE MARIPOSA



Diámetro 50 mm (2") a 200 mm (8") $K = 45 f_T$
 Diámetro 250 mm (10") a 350 mm (14") . . . $K = 35 f_T$
 Diámetro 400 mm (16") a 600 mm (24") . . $K = 25 f_T$

VÁLVULAS DE MACHO Y LLAVES

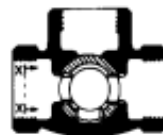
Paso directo



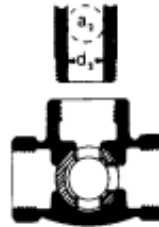
Si: $\beta = 1$,
 $K_1 = 18 f_T$

tres entradas

Vista X-X



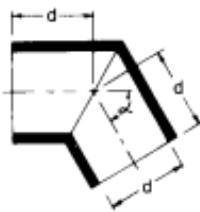
Si: $\beta = 1$,
 $K_1 = 30 f_T$



Si: $\beta = 1$,
 $K_1 = 90 f_T$

Si: $\beta < 1$ $K_2 = \text{Fórmula 6}$

**CURVAS EN ESCUADRA
O FALSA ESCUADRA**



α	K
0°	$2 f_T$
15°	$4 f_T$
30°	$8 f_T$
45°	$15 f_T$
60°	$25 f_T$
75°	$40 f_T$
90°	$60 f_T$

**CURVAS Y CODOS DE 90° CON BRIDAS
O CON EXTREMOS PARA
SOLDAR A TOPE**



r/d	K	r/d	K
1	$20 f_T$	8	$24 f_T$
1.5	$14 f_T$	10	$30 f_T$
2	$12 f_T$	12	$34 f_T$
3	$12 f_T$	14	$38 f_T$
4	$14 f_T$	16	$42 f_T$
6	$17 f_T$	20	$50 f_T$

El coeficiente de resistencia K_B , para curvas que no sean de 90° puede determinarse con la fórmula:

$$K_B = (n - 1) \left(0.25 \pi f_T \frac{r}{d} + 0.5 K \right) + K$$

n = número de curvas de 90°

K = coeficiente de resistencia para una curva de 90° (según tabla)

CURVAS DE 180° DE RADIO CORTO



$K = 50 f_T$

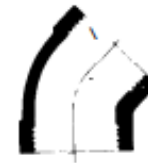
CODOS ESTÁNDAR

90°



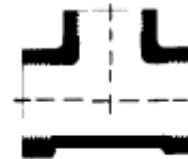
$K = 30 f_T$

45°



$K = 16 f_T$

CONEXIONES ESTÁNDAR EN "T"

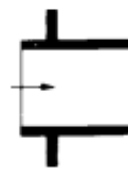


Flujo directo $K = 20 f_T$

Flujo desviado a 90° .. $K = 60 f_T$

ENTRADAS DE TUBERÍA

Con resalte hacia el interior

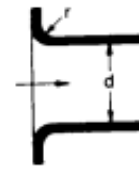


$K = 0.78$

r/d	K
0.00*	0.5
0.02	0.28
0.04	0.24
0.06	0.15
0.10	0.09
0.15 y más	0.04

*de cantos vivos

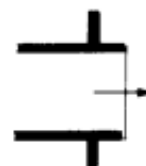
A tope



Véanse los valores de K en la tabla

SALIDAS DE TUBERÍA

Con resalte



$K = 1.0$

De cantos vivos



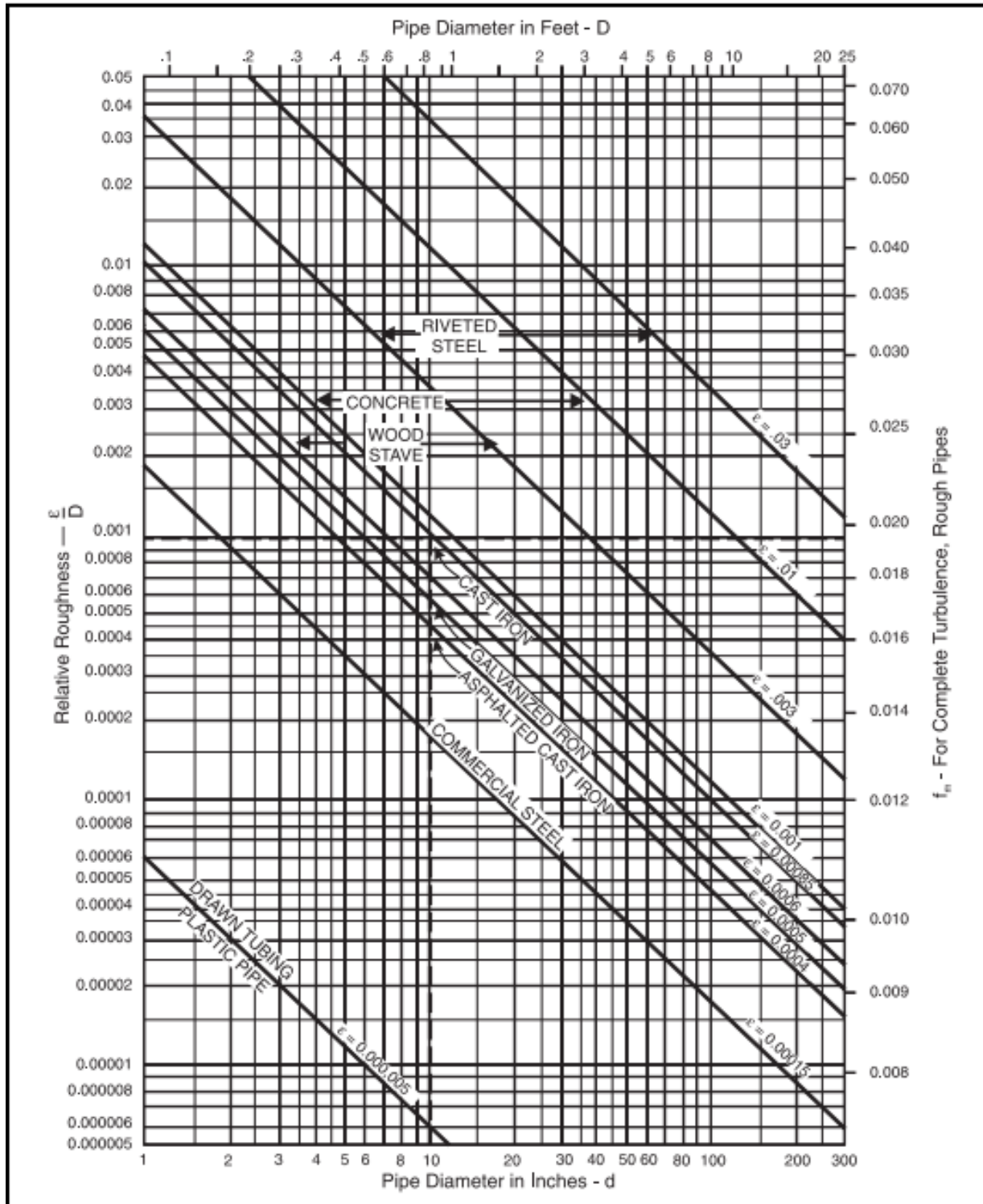
$K = 1.0$

Redondeada



$K = 1.0$

ANEXO O: RUGOSIDAD RELATIVA DE LOS MATERIALES DE LAS TUBERÍAS Y FACTORES DE FRICCIÓN PARA UN FLUJO DE TURBULENCIA COMPLETA



ANEXO P: FICHA TÉCNICA DEL COMPRESOR SELECCIONADO



Compresores C50

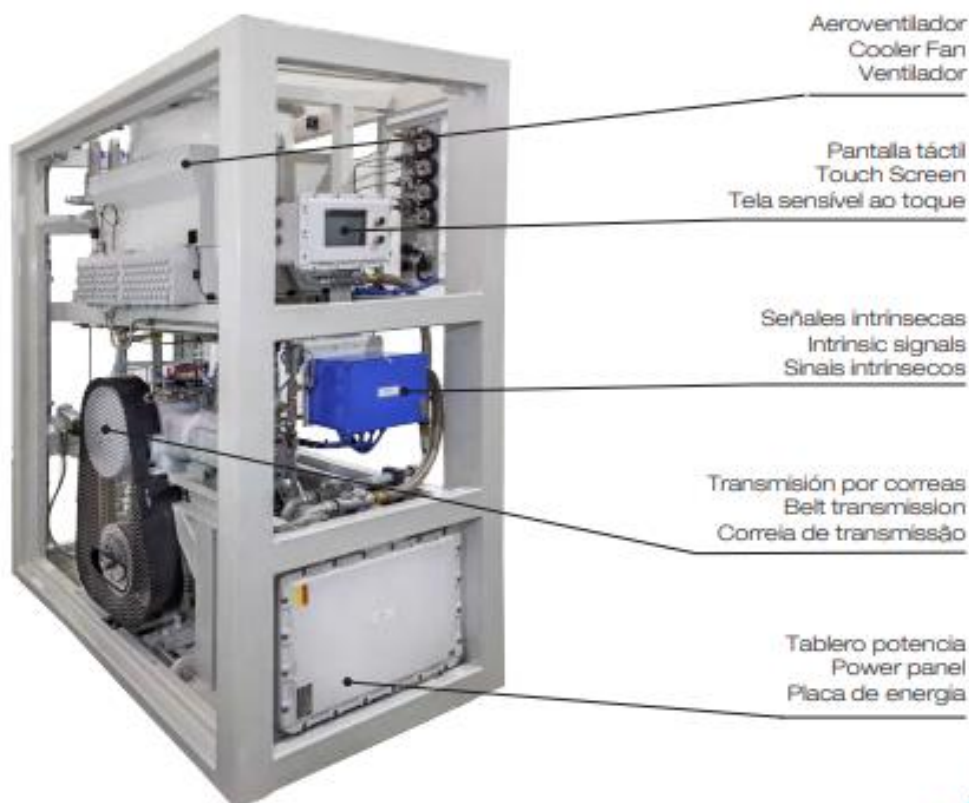
Compressors
Compressores

Características técnicas

Technical characteristics

Características técnicas

- Rango de aspiración / Suction range / Faixa de sucção: **0,9 a 45 Bar**
- Caudal Max. / Max Flow / Fluxo máximo: **400 Nm³/h**
- Carrera / Stroke / Carreira: **50 mm**
- Potencia Máx./Max Power/Potência máx.: **45Kw@1800 rpm (50Hz / 60Hz)**
- Tablero eléctrico on board / On board control panel / Painel elétrico.
- Motor eléctrico (APE) / Electric Motor (APE) / Motor elétrico (APE)
- Transmisión por correas / Belt transmission / Transmissão por correia.
- Refrigeración: Ventilación por aire / Air cooling ventilation / Resfriamento: ventilação de ar.
- Sistema de lubricación / Lubrication system / Sistema de lubrificação
- Configuración en 2, 3, o 4 etapas / 2, 3 or 4 stage configuration / Configuração de 2, 3 ou 4 estágios.



www.aspro.com

ANEXO Q: FICHA TÉCNICA DE LA BATERÍA DE CILINDROS SELECCIONADA

ALMACENAJE STANDARD

El sistema de almacenajes Aspro está diseñado para adaptarse a la necesidad de almacenamiento de cada estación ya que está compuesto por un conjunto de cilindros montados sobre un chasis auto portante garantizando el abastecimiento constante al momento de la carga.

- Sensor de presión
- Manómetro
- Válvula de seguridad
- Válvula de exceso de flujo
- Válvula para cierre de cilindro
- Válvula antirretorno
- Cañerías de acero inoxidable de alta resistencia
- Valvulas prioritarias



Standard

Cilindros doble ojiva

Sistema de drenaje

Sistema de panel

Válvula prioritaria actuada

Transductor de presión

Encabinado

Tanque de choque separador de líquido para sistema de drenaje

Diseño y colores según normativa

Capacidad de almacenamiento según necesidad del cliente

Valvulas de seguridad de salida

Almacenaje	Standard	Standard Brasil	Encabinado	Tres líneas
Alto	2.235 mm / 7' 4"	2.115 mm / 6T 11Φ	2.235 mm / 7T 4Φ	2.280 mm / 7Ta6Φ
Ancho	2.140 mm / 7'	1.154 mm / 3T 9Φ	1.100 mm / 3T 7Φ	1.560 mm / 5T 1Φ
Profundidad	1.100 mm / 3' 7"	1.154 mm / 3T 9Φ	2.280 mm / 7Ta6Φ	3.680mm / 12T 1Φ
Peso (aprox)	2.000 kg / 4.409 lb	1.700 kg / 3.747,8 lb	1.790 kg / 3.946,2 lb	5.900 kg / 1.3007,2 lb



www.aspro.com

ANEXO R: FICHA TÉCNICA DEL SURTIDOR SELECCIONADO



Línea de Surtidores Aspro para Gas Natural Comprimido

Variables	AS 120 G	AS 120 G AC	AS 120 BUSES
Caudal Promedio	10 Nm ³ /min	28 Nm ³ /min	37 Nm ³ /min
Peso	150 kg / 331 lb	155 kg / 342 lb	185 kg / 408 lb
Alto	2120 mm / 6 ft 11 in	2120 mm / 6 ft 11 in	2135 mm / 7 ft
Ancho	780 mm / 2 ft 7 in	780 mm / 2 ft 7 in	870 mm / 2 ft 10 in
Profundidad	395 mm / 1 ft 3 in	395 mm / 1 ft 3 in	540 mm / 1 ft 9 in
Pico de carga	NZ, NGV 1	NZ, NGV 1, NGV2	NZ, NGV 1, NGV2
Líneas	1, 2 y 3 líneas	1, 2 y 3 líneas	1, 2 y 3 líneas
Presión de despacho	200 a 250 bar	200 a 250 bar	200 a 250 bar



AS 120 G



AS 120 G AC



AS 120 Buses

*Las imágenes son ilustrativas y la compañía se reserva el derecho de modificaciones sin previo aviso.
**Los componentes de los distintos modelos pueden variar de acuerdo al mercado y norma vigente.

www.aspro.com



ANEXO S: FICHA TÉCNICA DEL PANEL DE CONTROL SELECCIONADO



Antiexplosivo

Variador de velocidad

CARACTERÍSTICAS

Modelo	Standard	Standard para pre compresor	Variador de velocidad	Antiexplosivo
Sistema de arranque	suave con contactor de By Pass	suave con contactor de By Pass	con variador de frecuencia	Estrella Triángulo
Conexión para banco externo de capacitores	•	•		•
Sistema de seguridad incorporado con pulsador para parada de emergencia	•	•	•	•
Lectura de parámetros eléctricos	•	•		•
Protección termomagnética para 3 surtidores	•	•	•	•
Protección térmica para motor eléctrico principal y motor eléctrico aerorefrigerador	•	•	•	•
Panel de operador Touch Screen color	•	•	•	•
Barrera Zener de seguridad incorporada	•	•	•	•
Preparado para medición de presiones y temperatura a través de señales analógicas y digitales	•	•	•	•
Bloqueo mecánico de puerta	•	•	•	
Rejillas para ventilación natural	•	•	•	
Potencia máxima motor pre compresor		75kW	160 kW	185 kW
Homologado para trabajo en área Clase 1, Div.2				•

OPCIONALES

Modelo	Standard	Standard para pre compresor	Variador de velocidad	Antiexplosivo
Sistema de supervisión remota	•	•	•	•
Medición interetapa de presiones y temperatura a través de señales analógicas	•	•	•	•

PESOS Y MEDIDAS

Modelo	Standard	Standard para pre compresor	Variador de velocidad	Antiexplosivo
Alto	2.000 mm / 6' 7"	2.000 mm / 6' 7"	2.100 mm / 6' 10"	2.100 mm / 6' 10"
Ancho	600 mm / 1' 11"	900 mm / 2' 11"	1.600 mm / 5' 3"	1.280 mm / 4' 2"
Profundidad	600 mm / 1' 11"	600 mm / 1' 11"	600 mm / 1' 11"	700 mm / 2' 3"
Peso (aprox.)	170 kg / 375 lb	290 kg / 639 lb	500 kg / 1.235 lb	570 kg / 1.257 lb

ANEXO T: FICHA TÉCNICA DE TUBOS DE ACERO



Tubos ASTM A53 / ASTM A106 / API 5L Gr. B SCH STD / 40 / XS / 80 / 160

Tubo de acero negro sin costura, tri-norma A53 / ASTM A106 / API 5L grado B x 6 metros de largo.

Desde 1/4" a 11/2" en corte recto, y desde 2" a 24" con extremos biselados^(*).

Esta tubería está destinada a aplicaciones mecánicas y de presión y también es aceptable para usos ordinarios en la conducción de vapor, agua, gas, y las líneas de aire. Este tipo de tubería es apta para ser soldada y roscada. La vida útil corresponde al uso en condiciones normales para lo que fue fabricada.

* Opcional extremos planos



TUBERÍA DE ACERO

Tolerancia Dimensional

Espesor mínimo	-12.5% del valor nominal
Peso	+/-10% del valor nominal
Diámetro	1/8" hasta 1 1/2": +/- 1/64"; 2" hasta 24": +/-1% del valor nominal

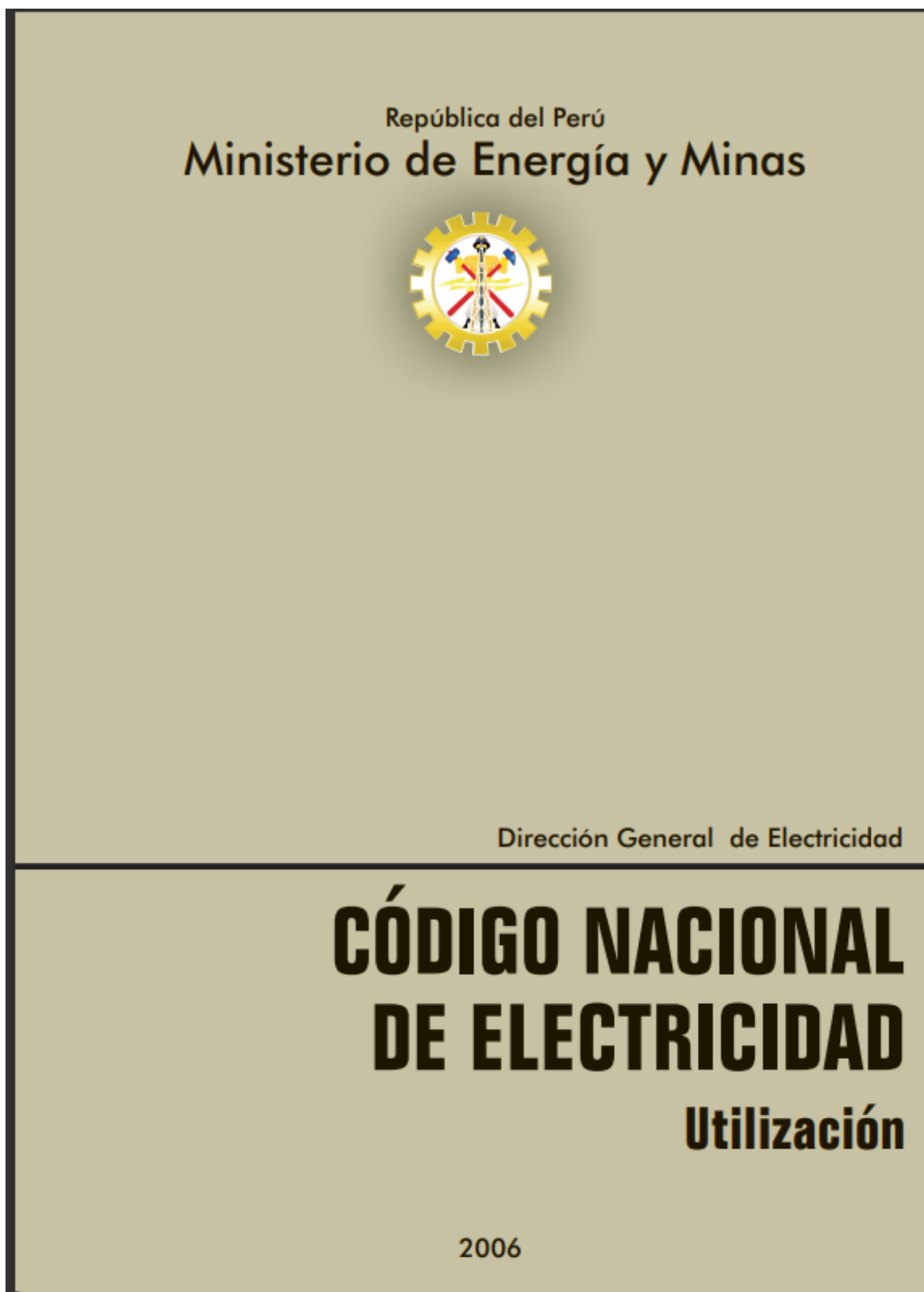
Propiedades Mecánicas

Resistencia a la Tracción, min	60000 PSI (415 MPa)
Fluencia, min	35000 PSI (240 MPa)

Diámetro Nominal	Dimen. Exterior	STD				SCH-40			XS			SCH-80			SCH-160		
		Espesor Nominal		Peso		Espesor Nominal		Peso	Espesor Nominal		Peso	Espesor Nominal		Peso			
Pulg.	mm	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	
1/4	13.7	2.24	0.63	3.78	2.24	0.63	3.78	3.02	0.80	4.8	3.02	0.80	4.8	-	-		
3/8	17.1	2.31	0.84	5.04	2.31	0.84	5.04	3.20	1.10	6.6	3.20	1.10	6.6	-	-		
1/2	21.3	2.77	1.27	7.62	2.77	1.27	7.62	3.73	1.62	9.72	3.73	1.62	9.72	4.78	1.95	11.7	
3/4	26.7	2.87	1.69	10.14	2.87	1.69	10.14	3.91	2.20	13.2	3.91	2.20	13.2	5.56	2.90	17.4	
1	33.4	3.38	2.50	15	3.38	2.50	15	4.55	3.24	19.44	4.55	3.24	19.44	6.35	4.24	25.44	
1 1/4	42.2	3.56	3.39	20.34	3.56	3.39	20.34	4.85	4.47	26.82	4.85	4.47	26.82	6.35	5.61	33.66	
1 1/2	48.3	3.68	4.05	24.3	3.68	4.05	24.3	5.08	5.41	32.46	5.08	5.41	32.46	7.14	7.25	43.5	
2	60.3	3.91	5.44	32.64	3.91	5.44	32.64	5.54	7.48	44.88	5.54	7.48	44.88	8.74	11.11	66.66	
2 1/2	73.0	5.16	8.63	51.78	5.16	8.63	51.78	7.01	11.41	68.46	7.01	11.41	68.46	9.53	14.92	89.52	
3	88.9	5.49	11.29	67.74	5.49	11.29	67.74	7.62	15.27	91.62	7.62	15.27	91.62	11.13	21.35	128.1	
4	114.3	6.02	16.07	96.42	6.02	16.07	96.42	8.56	22.32	133.92	8.56	22.32	133.92	13.49	33.54	201.24	
5	141.3	6.55	21.77	130.62	6.55	21.77	130.62	9.53	30.97	185.82	9.53	30.97	185.82	15.88	49.12	294.72	
6	168.3	7.11	28.26	169.56	7.11	28.26	169.56	10.97	42.56	255.36	10.97	42.56	255.36	18.26	67.57	405.42	
8	219.1	8.18	42.55	255.3	8.18	42.55	255.3	12.70	64.64	387.84	12.70	64.64	387.84	23.01	111.27	667.62	
10	273.0	9.27	60.29	361.74	9.27	60.29	361.74	12.70	81.55	489.3	15.09	95.98	575.88	28.58	172.27	1033.62	
12	323.8	9.53	73.88	443.28	10.31	79.71	478.26	12.70	97.46	584.76	17.48	132.05	792.3	33.32	238.69	1432.14	
14	355.6	9.53	81.33	487.98	11.13	94.55	567.3	12.70	107.39	644.34	19.05	158.11	948.66	35.71	281.72	1690.32	
16	406.4	9.53	93.27	559.62	12.70	123.31	739.86	12.70	123.30	739.8	21.44	203.54	1221.24	40.49	365.38	2192.28	
18	457	9.53	105.16	630.96	14.27	155.81	934.86	12.70	139.15	834.9	23.83	254.57	1527.42	45.24	459.39	2756.34	
20	508	9.53	117.15	702.9	15.09	183.43	1100.58	12.70	155.12	930.72	26.19	311.19	1867.14	50.01	564.85	3389.1	
22	559	9.53	129.13	774.78	-	-	-	12.70	171.09	1026.54	28.58	373.85	2243.1	53.98	672.30	4033.8	
24	610	9.53	141.12	846.72	17.48	255.43	1532.58	12.70	187.06	1122.36	30.96	442.11	2652.66	59.54	808.27	4849.62	

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

ANEXO U: CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD



ANEXO V: FICHA TÉCNICA DE LA ELECTROLINERA

Hoja de datos del producto

Características

EVD1S24THB2

EVlink, DC cargador rapido, 24 kW, SAE CCS / CHAdeMO / T2S connectors, pared



Principal

Gama	EVlink
Tipo de producto o componente	Acoplador rápido
Sistema de control de accesos	RFID authentication card acorde a ISO/IEC 14443 A y B

Complementario

Función	Cargador de vehículo eléctrico
Tipo de instalación	Interior/exterior
Ubicación de montaje	Montaje mural Soporte de suelo with colgante (solicitar por separado)
Descripción de los polos	3P + N
Input voltage	360...440 V AC en 50...60 Hz, 3 fases
Input current	38...42 A for DC output 32...35 A for AC output
Potencia salida nominal	CHAdeMO: 24 kW at 1,5...65 A, 150...500 V, corriente continua SAE CCS Combo 2: 24 kW at 1,5...65 A, 200...530 V, corriente continua T2S: 22 kW at 1...32 A, 400 V, AC
Tipo de salida	Lado derecho: 1 charging cable of 3,25 m and non retractable Lado izquierdo: 1 charging cable of 3,25 m and non retractable 1 toma de corriente
Número de salidas	3
Tipo de conector	SAE CCS Combo 2 CHAdeMO T2S
Tipo de protección	Protección de cortocircuito en salida Protección contra sobrecargas Protección de defecto a tierra Protección frente a aumento de temperatura
Tipo de pantalla	Pantalla táctil LCD : 7 pulgadas
Tipo de botón de control	Inicio Pausa Parada de emergencia
Compatibilidad electromagnética	Inmunidad para entornos industriales, estado 1 Estándar de emisión para entornos industriales, estado 1
Material	Envolvente, estado 1 metálico, blanco
Color	Frontal, estado 1 señal blanca - tipo de cable: RAL 9003) Cuerpo, estado 1 gris oscuro - tipo de cable: RAL 7021)
Altura	1225 mm
Ancho	507 mm
Profundidad	250 mm
Peso del producto	93 kg
Certificaciones de producto	generador
País objetivo	Todo
Servicios	Commercial service plan
Servicio Ethernet	Web browser (!*)

Communication port protocol	OCPP 1.6 WLAN Ethernet TCP/IP
Tipo de red de comunicaciones	3G/4G WLAN TCP/IP

Entorno

Grado de protección IP	IP55
Grado de protección IK	IK10
Eficacia	95 %
Power factor	0,99
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...50 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-25...60 °C
Altitud máxima de funcionamiento	0...2000 m
Humedad relativa	10...95 %
Normas	EN 61851:ed. 3 EN 61000-6-2 EN 61000-6-4

Unidades de embalaje

Tipo de unidad de paquete 1	PCE
Número de unidades en el paquete 1	1
Paquete 1 Altura	58,0 cm
Paquete 1 Ancho	67,0 cm
Paquete 1 Longitud	150,0 cm
Paquete 1 Peso	142,0 kg

Sostenibilidad de la oferta

Reglamento REACH	Declaración De REACH
Conforme con REACH sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin metales pesados tóxicos	Sí
Sin mercurio	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China
Información sobre exenciones de RoHS	Sí



ANEXO W: PLIEGO TARIFARIO PETROPERÚ

Concesión Sur Oeste
Tarifas Vigentes desde el 01 de Febrero 2021



CATEGORÍAS	RANGOS DE CONSUMO		SUMINISTRO GNL (1)		TRANSPORTE VIRTUAL (2)	DISTRIBUCIÓN POR DUCTOS (3)			
	Desde	Hasta	Precio GNL S./m ³	Recargo FISE S./m ³	S./m ³	Margen Comercial S./mes	Margen Capacidad S./ (Sm ³ /día)	Margen Promoción S./mes	Margen Distribución S./m ³
A	0	100	0.62542	0.00701	0.51618	1.59238		14.07216	0.19990
B1	101	300	0.62542	0.00701	0.51618	499.74694			0.83715
B2	301	19.000	0.67336	0.00701	0.51618	499.74694			0.83715
C	GNV		0.67336	0.00701	0.51618		1.22206		0.08166
D	19.001	900.000	0.67336	0.00701	0.51618		7.70266		0.50819

Cargos Complementarios

CATEGORÍAS	CARGOS POR CORTE (4)			CARGOS POR RECONEXIÓN (4)			CARGO	CARGOS POR INSPECCIÓN, SUPERVISIÓN Y HABILITACIÓN (5)	
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3		Comercial S/.	Industrial S/.
A	18.42	25.31	411.86	21.23	41.31	457.79	INSPECCIÓN	206.63	465.56
B	18.42	25.31	420.13	21.23	41.31	457.79	SUPERVISIÓN	150.59	389.03
C	210.50	270.23	460.83	134.55		537.42	HABILITACIÓN	202.52	1068.52
D	210.50	270.23	460.83	134.55		537.42	TOTAL	559.74	1923.11

Otros Cargos Regulados

Tipo de Acometida	CARGOS POR ACOMETIDA (6)		CARGOS POR DERECHO DE CONEXIÓN (7)
	Muro Existente S/.	Murete Construido S/.	
G1.6	421.47	527.43	A
G4	508.55	614.52	B
G6	895.61	1092.85	C
			D

Todos los valores descritos no incluyen IGV

Tipo de Cambio Aplicable

Periodo	S./US\$
Feb-2021	3.6112

Factores de Actualización Aplicados

Suministro GNL				
Serie	Base	Valor	FA	Vigencia
WPU1191	128.00	217.75	1.59285	01/01/2021 - 31/12/2021
WPU05	101.075	144.575		
PPI: WPSFD4131	149.80	209.10	1.39586	01/03/2020 - 28/02/2021
FDA	-	0.95494	0.95494	15/06/2020 - 30/04/2021
WPSFD4131	184.7	210.40	1.139	01/01/2021 - 31/12/2021

Transporte Virtual				
Serie	Base	Valor	FA	Vigencia
WPSFD4131	185.3	211.30	1.113675299	01/01/2021 - 31/12/2021
IPM	100.41	109.72		

Distribución por Ductos - Acometida

Notas

- (1) Precio de Suministro de Gas Natural Licuado. Se incluye el cargo por el Fondo de Inclusión Social (FISE) Ley 29852 y Reglamento Aprobado D.S N° 21-2012-EM
- (2) Tarifa de servicio de Transporte Virtual
- (3) Tarifa de servicio de Distribución por Ductos
- (4) Cargos por Corte y Reconexión. Aprobados por Resolución OSINERGMIN N° 092-2017-OS/CD del 31 de mayo de 2017, modificados por Resolución OSINERGMIN N° 170-2017-OS/CD del 10 de agosto de 2017
- (5) Cargos por Inspección, Supervisión y Habilitación. Aprobados por Resolución OSINERGMIN N° 092-2017-OS/CD del 31 de mayo de 2017, modificados por Resolución OSINERGMIN N° 170-2017-OS/CD del 10 de agosto de 2017
- (6) Cargos por Acometida
- (7) Cargos por Derecho de Conexión
- (8) El valor por un Punto Adicional para los clientes categoría A del primer plan de conexiones no podrá exceder a US\$167.98 x Tipo de Cambio. No incluye IGV.

Serie	Base	Valor	FA	Vigencia
IAC: WPU101706	252.4	270.8		
IPE: WPU07110224	172.8	153.1	1.03	01/01/2021 - 31/12/2021
PPI: WPSFD4131	185.4	211.3		
IPM	100.41	109.723		

Derecho de Conexión				
Serie	Base	Valor	FA	Vigencia
IAC: WPU101706	252	270.80	CAT AyB: 1.093	01/01/2021 - 31/12/2021
IPM	100.4	109.72	CAT AyB: 1.073	

Corte y Reconexión - Inspección, Supervisión y Habilitación > 300m ³ /mes				
Serie	Base	Valor	FA	Vigencia
IPM	105.5312	109.3257	1.036	01/12/2020 - 28/02/2021

(9) Poder Calorífico Aplicado: 1076.498 (BTU/IMPC)

APÉNDICES



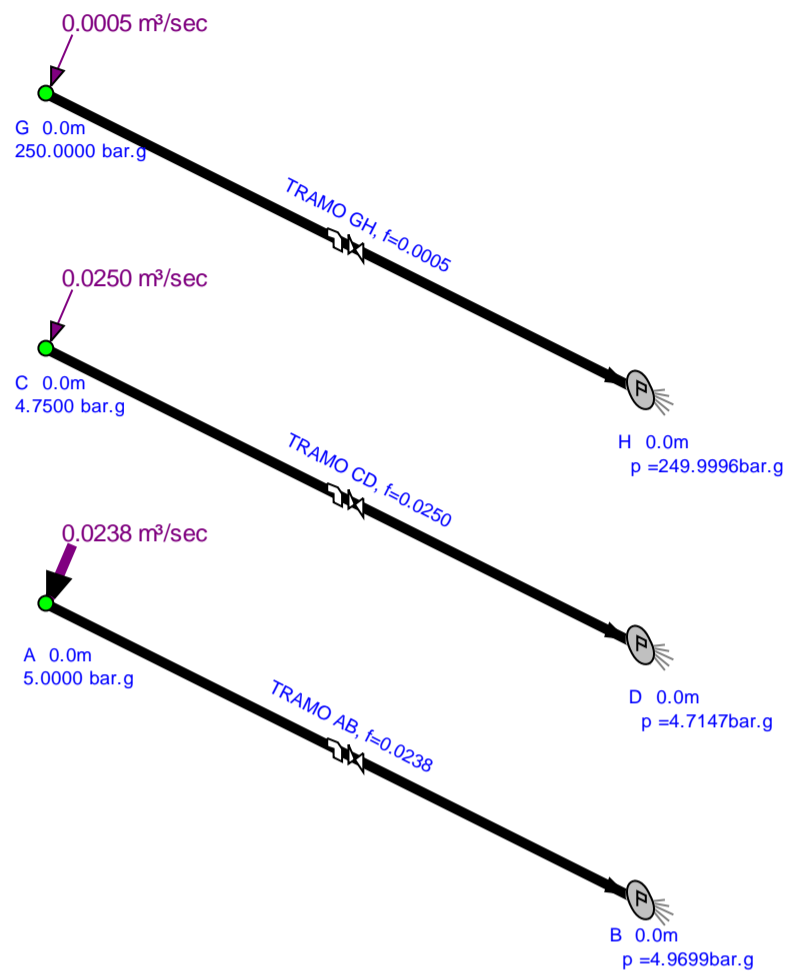
Descripción	Unidad de medida	Costo unitario	Cantidades	Costo total (s/.)
Junta dieléctrica de 1"	Unidad	35.00	2	70.00
Válvula de bloqueo de 1" bridada	Unidad	214.00	1	214.00
Válvula automática c/ actuador de mando eléctrico de 1"	Unidad	1,000.00	4	4,000.00
Válvula de aguja de 1"	Unidad	40.00	1	40.00
Válvula de retención de 1"	Unidad	175.00	3	525.00
Unión flexible roscada de 1"	Unidad	25.00	2	50.00
Válvula manual de 1"	Unidad	20.00	4	80.00
Válvula de exceso de flujo de 1"	Unidad	200.00	1	200.00
Manómetro 0 – 400 bar	Unidad	20.00	2	40.00
Válvula de seguridad	Unidad	150.00	1	150.00
Válvula para venteo manual	Unidad	100.00	1	100.00
Presostato	Unidad	70.00	1	70.00
Medidor másico tipo Coriolis de GNC	Unidad	6,000.00	2	12,000.00
Filtro FM2 de 3"	Unidad	2,000.00	1	2,000.00
Regulador de presión	Unidad	100.00	2	200.00
Válvula manual de 3"	Unidad	80.00	7	560.00
Manómetro 0 – 20 bar	Unidad	80.00	2	160.00
Manómetro diferencial	Unidad	100.00	2	200.00
Reductor de 3" a 1"	Unidad	25.00	6	150.00
Unión T de 3"	Unidad	20.00	4	80.00
Válvula de seguridad	Unidad	50.00	2	100.00
Válvula para venteo manual	Unidad	300.00	2	600.00
Bridas de 3"	Unidad	45.00	24	1,080.00
Extintores de PQS	Unidad	200.00	3	600.00
Ánodo de sacrificio	Unidad	1,000.00	2	2,000.00
Pulsadores de emergencia	Unidad	30.00	4	120.00
Luminaria DN570B LED 24S/830 PSU-E C WH.	Unidad	40.00	41	1,640.00
Tomacorrientes industriales	Unidad	50.00	12	600.00
Compresor de GN – Marca ASPRO. Modelo C-50	Unidad	250,000.00	2	500,000.00
Batería de cilindros – Marca ASPRO. Modelo Standard	Unidad	100,000.00	2	200,000.00
Surtidor de GNV – Marca ASPRO. Modelo AS 120 G	Unidad	75,000.00	1	75,000.00
Detectores de gas	Unidad	400.00	4	1,600.00
Central de alarmas	Unidad	1,000.00	1	1,000.00
Tablero de control – Marca ASPRO. Modelo Standard	Unidad	20,000.00	1	20,000.00
Tableros eléctricos	Unidad	500.00	4	2,000.00
Electrolinera Evlink 24 kW	Unidad	140,000.00	1	140,000.00
Tuberías de acero SCH40 de 1 1/2"	Metros	125.00	40	5,000.00
Tuberías de acero SCH160 de 1"	Metros	150.00	30	4,500.00
Tuberías de acero SCH40 de 3"	Metros	100.00	6	600.00
Letreros de seguridad	Unidad	50.00	7	350.00
Rollo de conductor eléctrico (100 m)	Unidad	350.00	2	700.00
Materiales para obras civiles	Unidad	4,500.00	1	4,500.00
Materiales para obras mecánicas	Unidad	2,000.00	1	2,000.00
Materiales para obras eléctricas	Unidad	2,500.00	1	2,500.00
Consumibles para obras mecánicas	Unidad	5,000.00	1	5,000.00
Consumibles para obras civiles	Unidad	5,000.00	1	5,000.00
Consumibles para obras eléctricas	Unidad	5,000.00	1	5,000.00
Alquiler de equipos para movilización y desmovilización	Mes	20,000.00	1	20,000.00
				1,022,379.00

Descripción	Unidad de medida	Costo unitario	Cantidades	Costo total (s/.)
Mobiliario	Unidad	950.00	1	950.00
Computadoras, cajas registradoras, impresoras	Unidad	3,500.00	1	3,500.00
Otros accesorios	Unidad	500.00	1	500.00
				4,950.00

Descripción	Unidad de medida	Costo unitario	Cantidades	Costo total (s/.)
Nivelación y acondicionamiento de terreno	Unidad	2,500.00	1	2,500.00
Construcción de losa de concreto, veredas	Unidad	48,000.00	1	48,000.00
Construcción en material noble de recintos	Unidad	150,000.00	1	150,000.00
Construcción de techo metálico	Unidad	90,000.00	1	90,000.00
Tendido y cableado del sistema eléctrico	Metros	25.00	400	10,000.00
Montaje y conexión de tableros eléctricos	Unidad	500.00	4	2,000.00
Instalación de dispositivos eléctricos, luminarias	Unidad	30.00	25	750.00
Instalación de tuberías de acero	Metros	50.00	80	4,000.00
Montaje de equipos	Unidad	300.00	5	1,500.00
Instalación de sistema de agua y desagüe	Metros	30.00	50	1,500.00
Construcción de pozo a tierra	Unidad	850.00	2	1,700.00
Pintado de señalética	Metros	50.00	75	3,750.00
Instalación de letreros, señalética en paredes	Unidad	25.00	15	375.00
Pruebas de hermeticidad	Unidad	500.00	1	500.00
				316,575.00



Pipe Flow Expert Results Key
f = flow in m³/sec



Fluid Data

Zone	Fluid Name	Chemical Formula	Temperature °C	Pressure bar.g	Density kg/m ³	Centistokes	Centipoise	Vapour Pressure bar.a	State
1	Natural Gas	CH4 (mainly)	15.000	0.0000	0.674	17.804	0.012	N/A	Gas

Pipe Data

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter mm	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
1	TRAMO AB	1-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	40.894	0.020	16.200	17.9800	0.0160	0.0238	18.120	5.0000	4.9699
2	TRAMO CD	1-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	40.894	0.046	7.600	24.2800	0.0169	0.0250	19.034	4.7500	4.7147
5	TRAMO GH	1" Steel (ANSI) Sch. 160	20.701	0.046	18.600	18.2300	0.0003	0.0005	1.486	250.0000	249.9996

Preguntas - Estudio de Mercado

Pregunta 01
Sexo a) Mujer b) Hombre
Pregunta 02
¿Conoce usted el GNV? a) Si b) No
Pregunta 03
¿Qué tipo de vehículo maneja? a) Automóvil b) Camioneta c) Minivan d) Autobús
Pregunta 04
¿Qué tipo de combustible usa para su vehículo? a) Gasohol 97 b) Gasohol 95 c) Gasohol 90 d) GLP e) GNV
Pregunta 05
¿Qué uso le da a su vehículo? a) Uso particular b) Negocio c) Taxi d) Servicio público
Pregunta 06
¿Con qué frecuencia asiste a una estación de servicios? a) Diaria b) 2 veces por semana c) 1 vez por semana d) 2 veces por mes

Pregunta 07
¿Cambiaría el sistema de combustible de su vehículo a GNV? a) Si b) No
Pregunta 08
¿En qué distrito le gustaría que existiese una estación de GNV? a) Cerro Colorado b) Paucarpata c) Jose Luis Bustamante y Rivero d) Mariano Melgar e) Otro
Pregunta 09
¿De existir una estación de GNV en el distrito elegido, usted optaría por instalar el sistema GNV a su vehículo? a) Si b) No

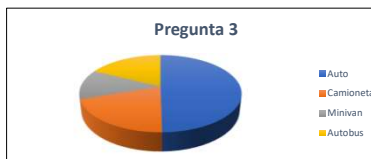
PREGUNTA 1		
Item	Frecuencia	Porcentaje
Mujer	34	8.85%
Hombre	350	91.15%
Total	384	100.00%



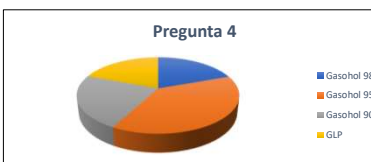
PREGUNTA 2		
Item	Frecuencia	Porcentaje
Si	157	40.89%
No	227	59.11%
Total	384	100.00%



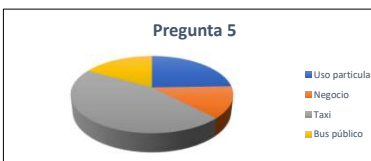
PREGUNTA 3		
Item	Frecuencia	Porcentaje
Auto	191	49.74%
Camioneta	77	20.05%
Minivan	48	12.50%
Autobus	68	17.71%
Total	384	100.00%



PREGUNTA 4		
Item	Frecuencia	Porcentaje
Gasohol 98	75	19.53%
Gasohol 95	147	38.28%
Gasohol 90	88	22.92%
GLP	74	19.27%
Total	384	100.00%



PREGUNTA 5		
Item	Frecuencia	Porcentaje
Uso particular	94	24.48%
Negocio	51	13.28%
Taxi	174	45.31%
Bus público	65	16.93%
Total	384	100.00%



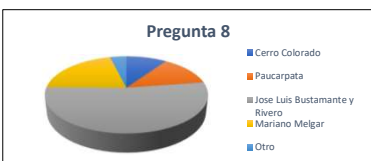
PREGUNTA 6		
Item	Cantidad	Porcentaje
Diaria	205	53.39%
2 veces por semana	41	10.68%
1 vez por semana	56	14.58%
2 veces por mes	82	21.35%
Total	384	100.00%



PREGUNTA 7		
Item	Frecuencia	Porcentaje
Si	241	62.76%
No	143	37.24%
Total	384	100.00%

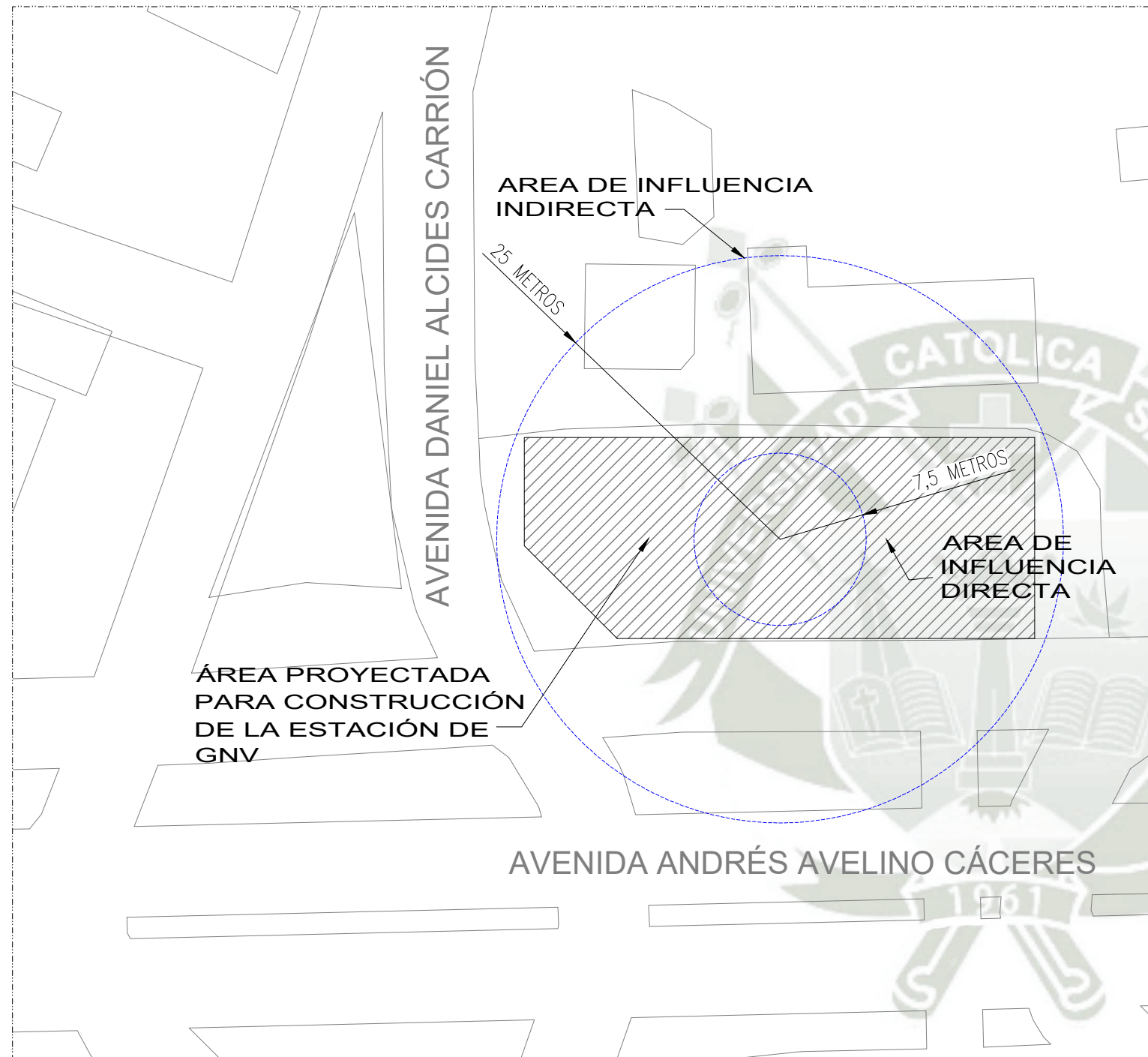


PREGUNTA 8		
Item	Frecuencia	Porcentaje
Cerro Colorado	37	9.64%
Paucarpata	50	13.02%
Jose Luis Bustamante y Rivero	202	52.60%
Mariano Melgar	80	20.83%
Otro	15	3.91%
Total	384	100.00%



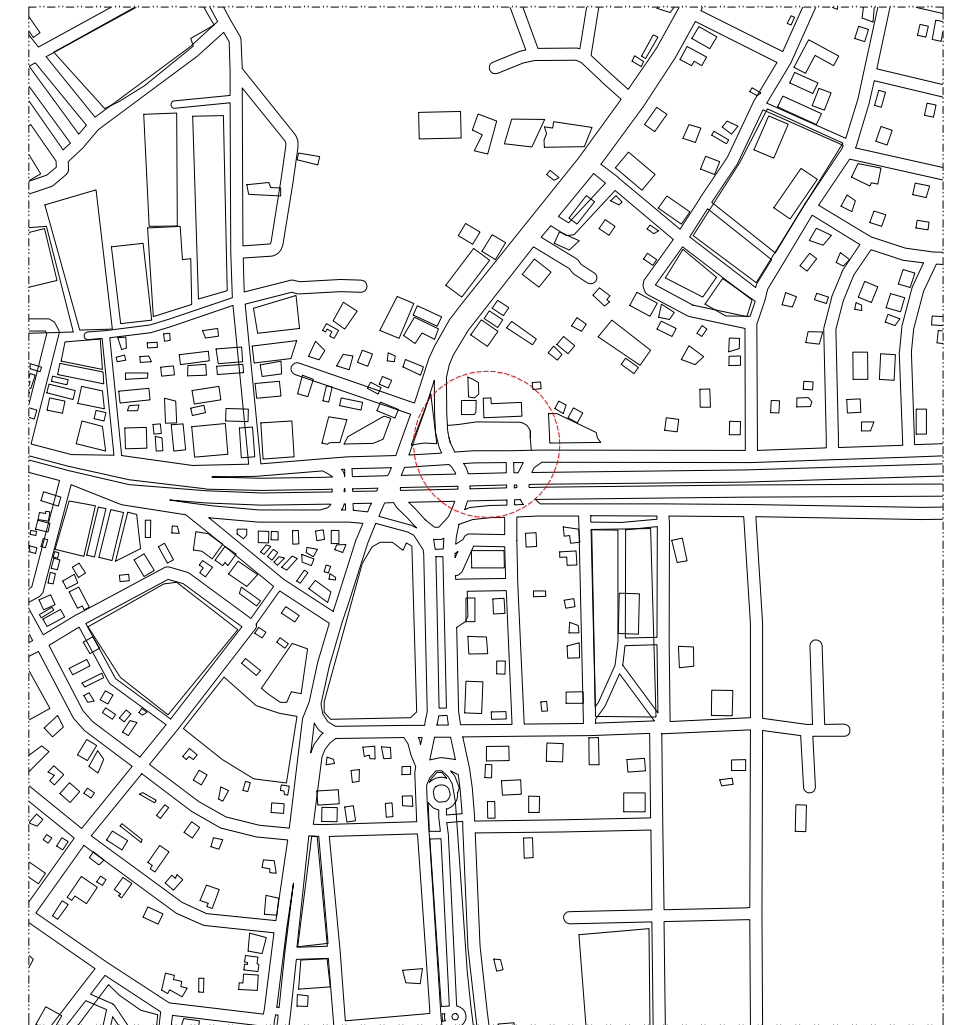
PREGUNTA 9		
Item	Frecuencia	Porcentaje
Si	235	61.20%
No	149	38.80%
Total	384	100.00%





PLANO DE UBICACIÓN

ESCALA: 1:500



PLANO DE SITUACIÓN


ESCALA: 1:5000

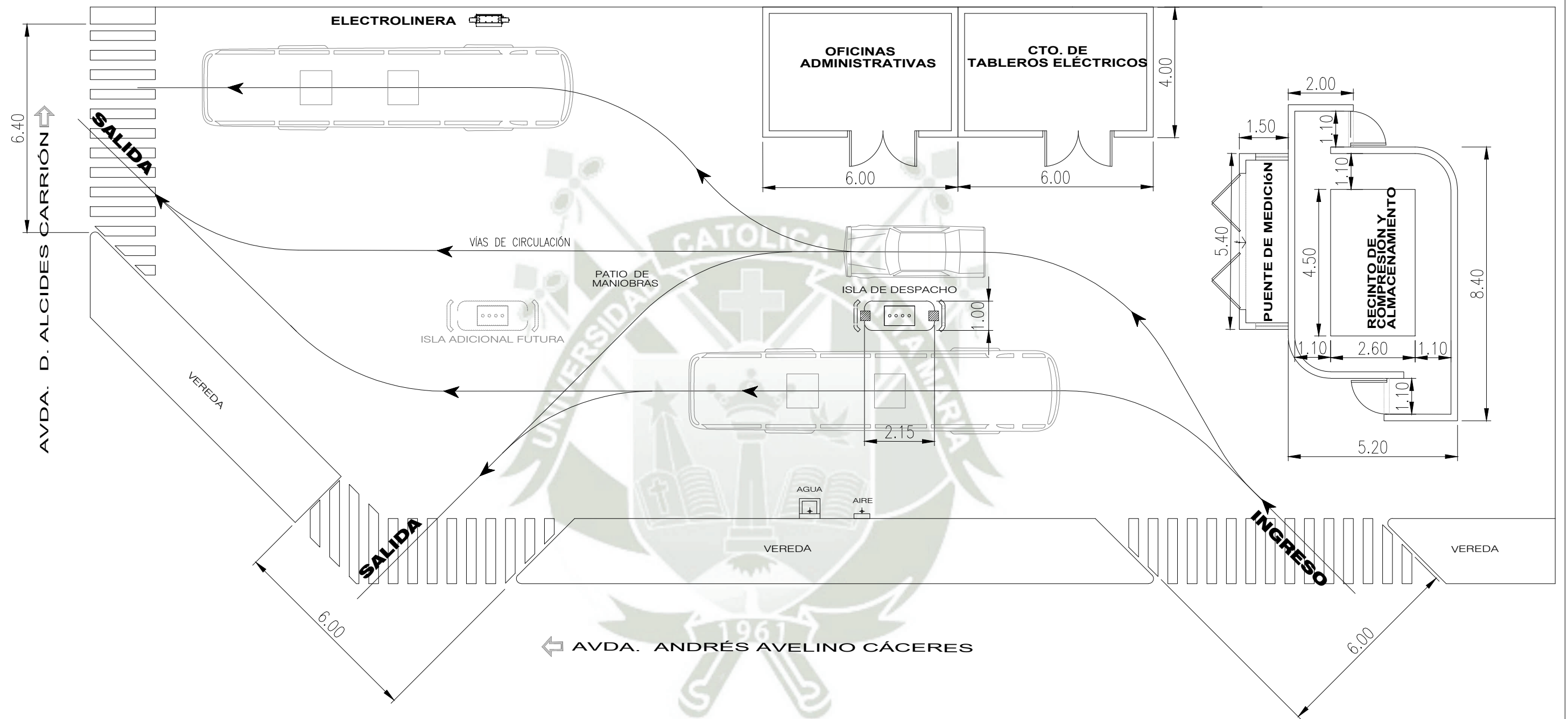
UBICACIÓN

DEPARTAMENTO	AREQUIPA
PROVINCIA	AREQUIPA
DISTRITO	JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO
DIRECCION	AV. DANIEL ALCIDES CARRIÓN

DATOS

- ÁREA DEL TERRENO	1,178.31 m ²
- PERÍMETRO	164.04 m
- ÁREA LIBRE	1,178.31 m ²

Elaboró:	Nombre Renato Richard Yapo Monroy	Fecha 13/10/22	 Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica
Revisó:	Juan Carlos Valdez Loaiza	13/10/22	
Aprobó:	Juan Carlos Valdez Loaiza	13/10/22	
Escala:	1:125		GNV-UB-001
UBICACIÓN Y DETALLES DE LA ESTACIÓN DE GNV			Pág: 1
			Págs: 9

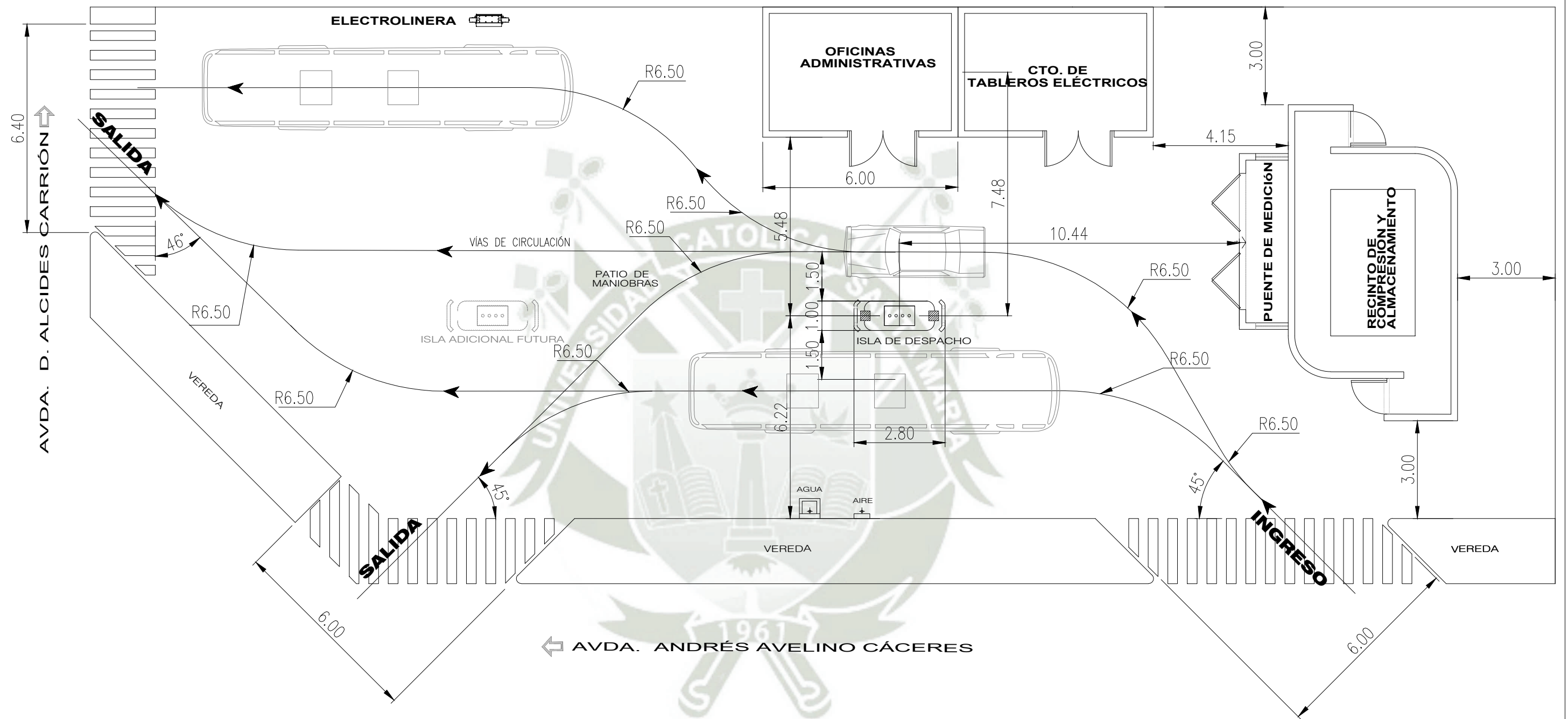


VISTA DE PLANTA – ARQUITECTURA DE RECINTOS

Notas:

1. Todas las medidas están en metros, salvo indicación contraria.

Elaboró:	Nombre Renato Richard Yapo Monroy	Fecha 13/10/22	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica
Revisó:	Juan Carlos Valdez Loaiza	13/10/22	
Aprobó:	Juan Carlos Valdez Loaiza	13/10/22	
Escala:	ARQUITECTURA GENERAL DE RECINTOS PARA LA ESTACIÓN DE GNV		GNV-ARQ-001
1:125			Pág: 2 Págs: 9



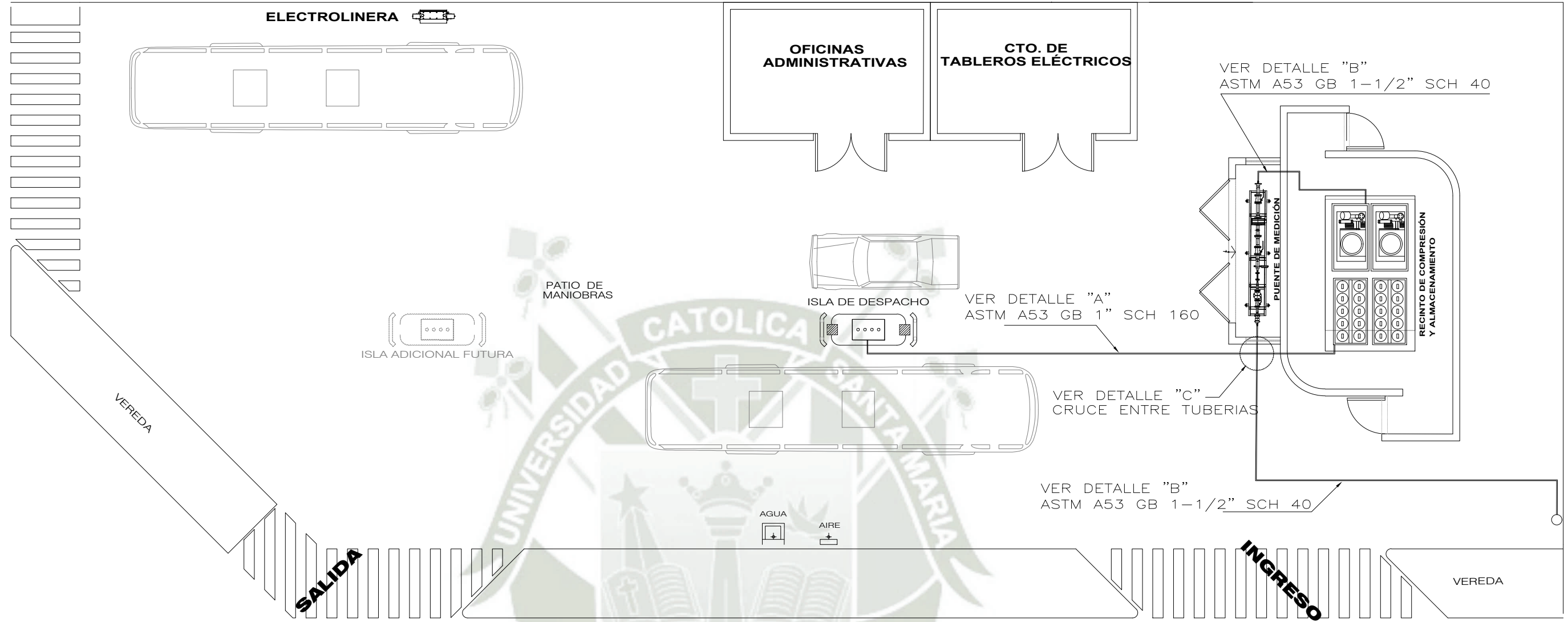
VISTA DE PLANTA – DISTANCIAS REQUERIDAS ENTRE RECINTOS SEGÚN NORMATIVA

Notas:

1. Todas las medidas están en metros, salvo indicación contraria.

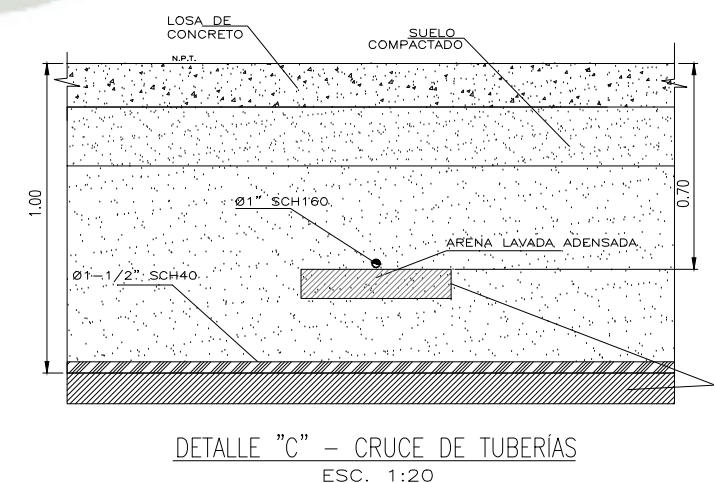
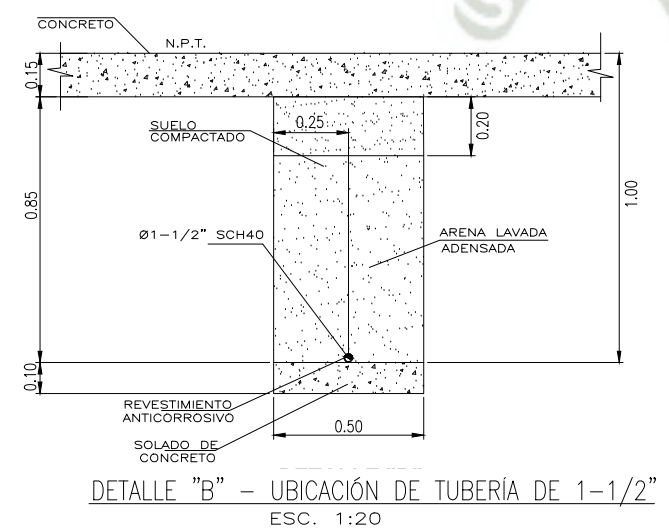
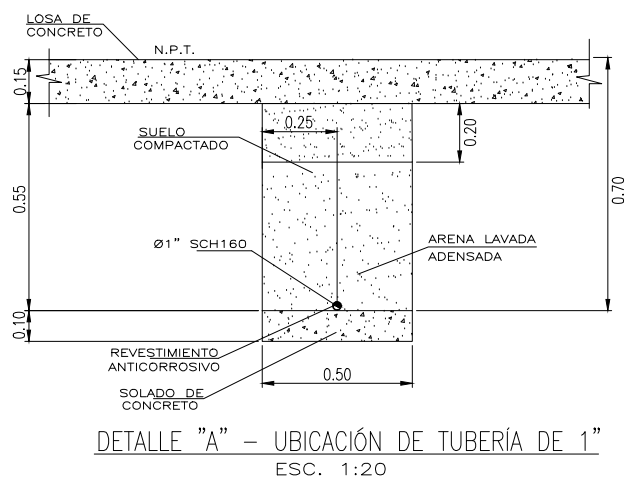
Elaboró:	Nombre Renato Richard Yapo Monroy	Fecha 13/10/22	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica
Revisó:	Juan Carlos Valdez Loaiza	13/10/22	
Aprobó:	Juan Carlos Valdez Loaiza	13/10/22	
Escala:	DISTANCIAS REQUERIDAS ENTRE RECINTOS PARA LA ESTACIÓN DE GNV		GNV-ARQ-002
1:125			Pág: 3 Págs: 9

AVDA. D. ALCIDES CARRIÓN



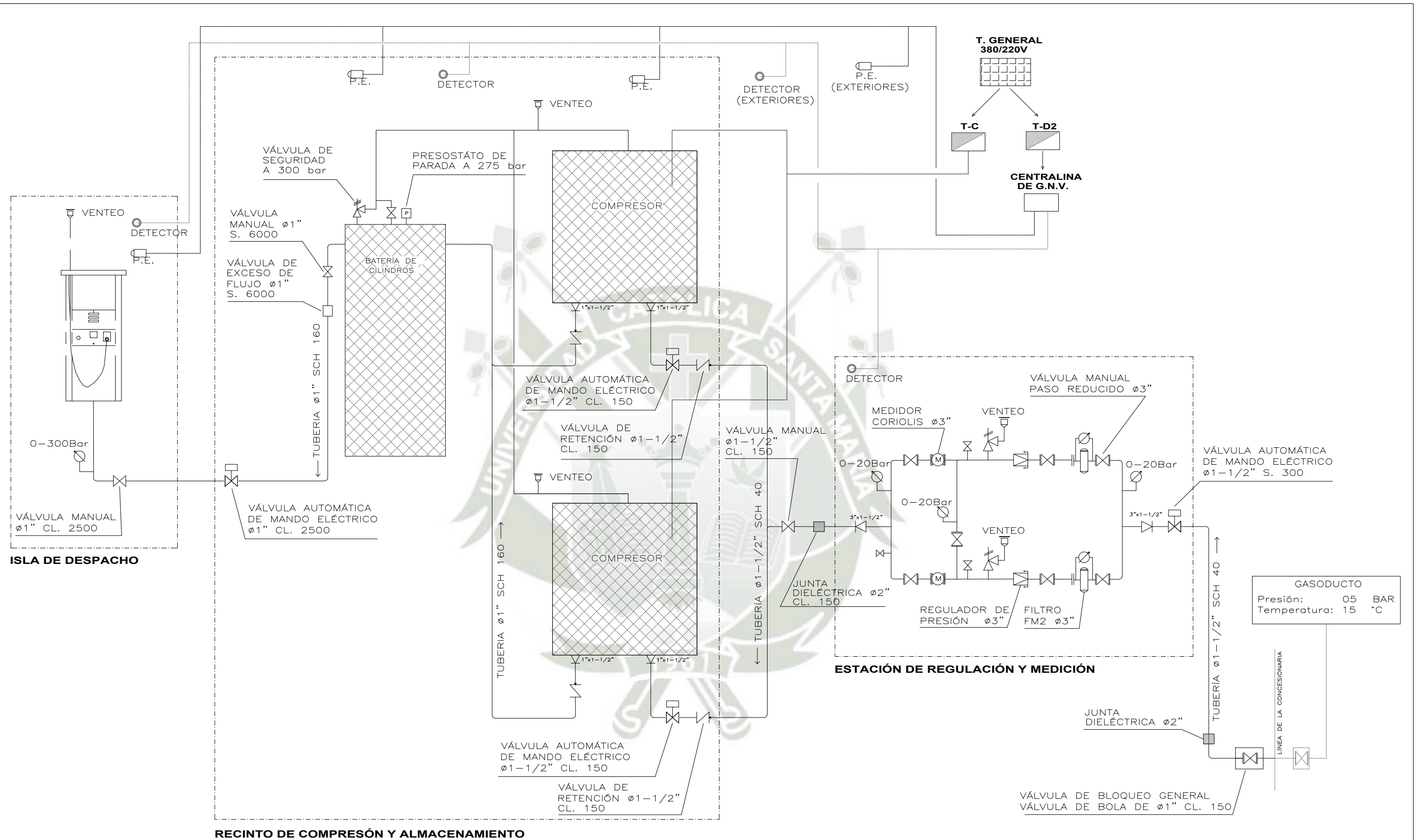
AVDA. ANDRÉS AVELINO CÁCERES

VISTA DE PLANTA – TUBERÍAS DE GAS NATURAL




Notas:
1. Todas las medidas están en metros, salvo indicación contraria.

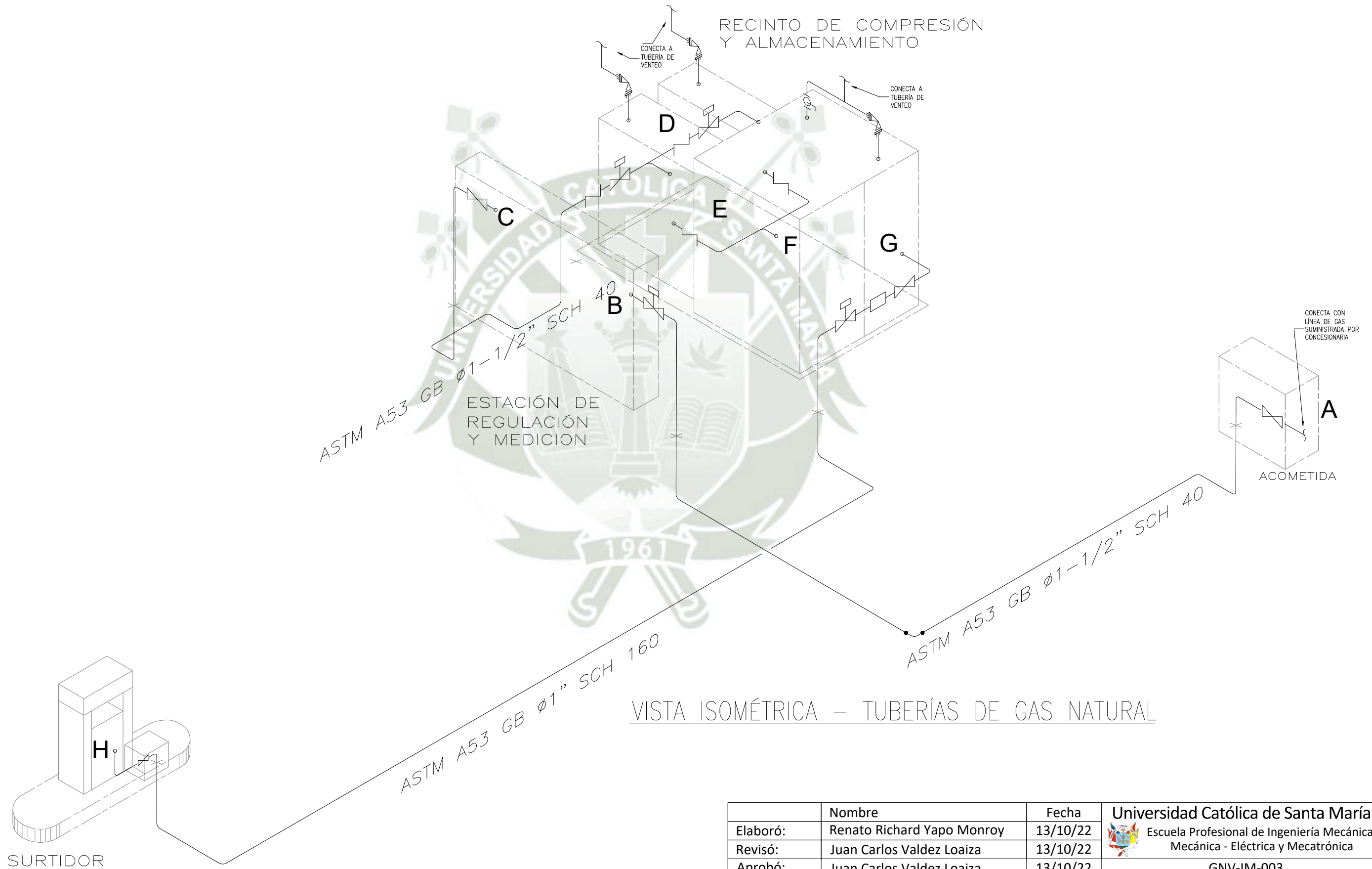
Nombre		Fecha	 Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica
Elaboró:	Renato Richard Yapo Monroy	13/10/22	
Revisó:	Juan Carlos Valdez Loaiza	13/10/22	
Aprobó:	Juan Carlos Valdez Loaiza	13/10/22	GNV-IM-001
Escala:	UBICACIÓN Y DETALLES DE TUBERÍAS DE GAS NATURAL PARA LA ESTACIÓN DE GNV		Pág: 4
1:125			Págs: 9



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL COMPRESOR

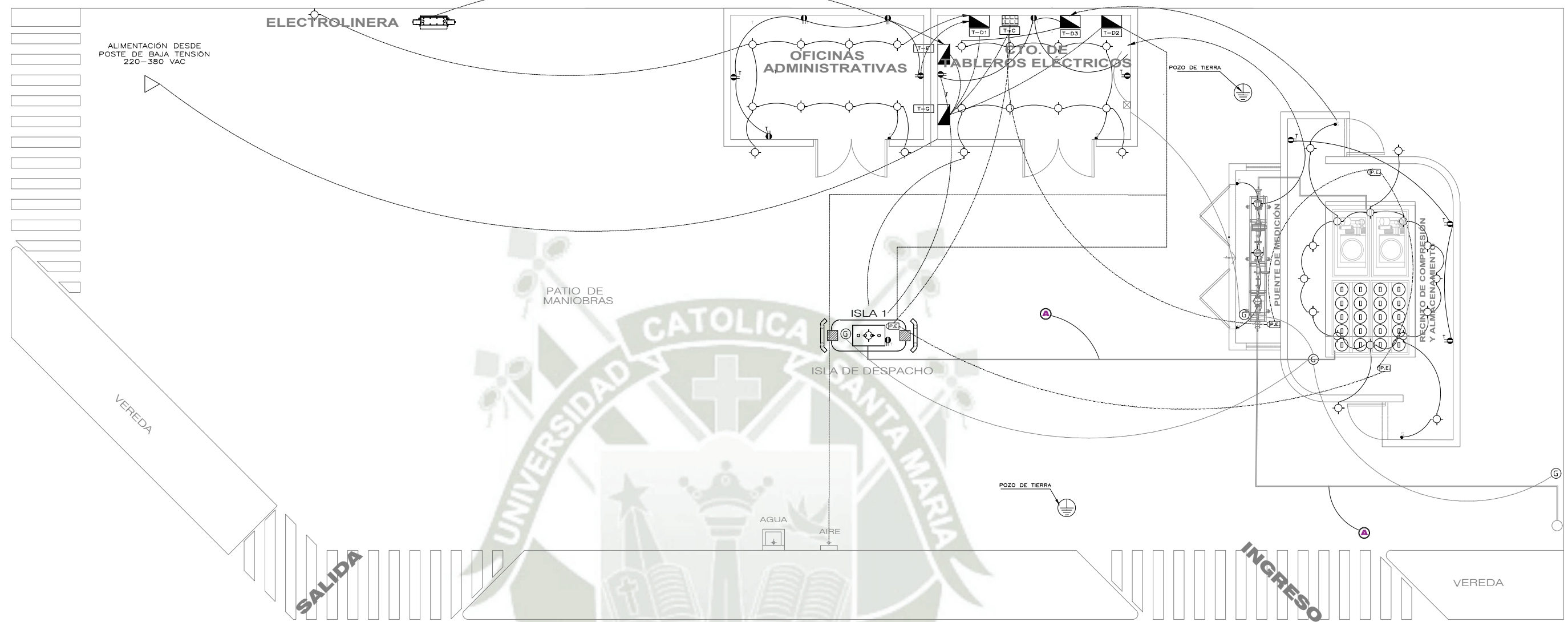
MARCA	ASPRO
MODELO	C-50
PRESIÓN MÁXIMA DE GASODUCTO	250 bar
PRESIÓN MÍNIMA DE GASODUCTO	5 bar
PRESIÓN MÁXIMA DE ASPIRACIÓN	45 bar
PRESIÓN MÍNIMA DE ASPIRACIÓN	0 bar
CAUDAL NOMINAL	400 Sm ³ /h
PRESIÓN DE DESCARGA	250 bar
TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN	380 V
CANTIDAD DE ETAPAS	4

	Nombre	Fecha	 Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica
Elaboró:	Renato Richard Yapo Monroy	13/10/22	
Revisó:	Juan Carlos Valdez Loaiza	13/10/22	GNV-IM-002
Aprobó:	Juan Carlos Valdez Loaiza	13/10/22	
Escala:	DIAGRAMA DE FLUJO DEL GAS NATURAL DE LA ESTACIÓN DE GNV		Pág: 5
1:125			Págs: 9



VISTA ISOMÉTRICA – TUBERÍAS DE GAS NATURAL

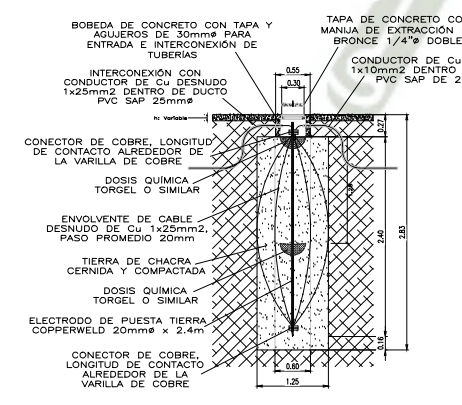
	Nombre	Fecha	Universidad Católica de Santa María
Elaboró:	Renato Richard Yapo Monroy	13/10/22	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica
Revisó:	Juan Carlos Valdez Loaiza	13/10/22	
Aprobó:	Juan Carlos Valdez Loaiza	13/10/22	GNV-IM-003
Escala:	RECORRIDO DE TUBERÍAS DE GAS NATURAL DE LA ESTACIÓN DE GNV		Pág: 6
1:125			Págs: 9



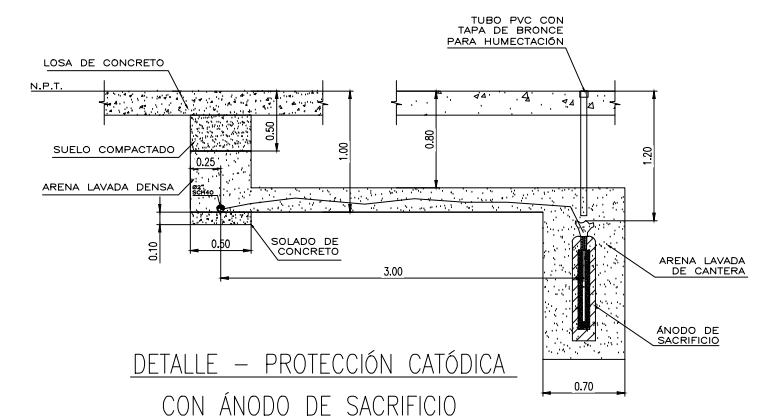
AVDA: ANDRÉS AVELINO CÁCERES

VISTA DE PLANTA – DISTRIBUCIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
—	CIRCUITO EMPOTRADA POR PARED O TECHO
—	CIRCUITO EMPOTRADA POR PISO
—	CIRCUITO PARA DETECTOR DE GAS
—	CIRCUITO PARA PULSADOR DE EMERGENCIA
S	INTERRUPTOR BIPOLAR DE 1, 2 y 3 GOLPES
⊙	SALIDA PARA ARTEFACTO ADOSADO CON 1 LAMPARA FLUORESCENTES 30W
T	TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE CON TOMA DE PUESTA A TIERRA
▬	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
⊞	TABLERO DEL COMPRESOR
⊕	POZO DE TIERRA (VER DETALLE A)
⊗	CENTRAL DE ALARMA
Ⓐ	ÁNODO DE SACRIFICIO (VER DETALLE B)
G	SALIDA PARA DETECTOR DE GAS
P.E.	PULSADOR DE EMERGENCIA



DETALLE – POZO A TIERRA CON ELECTRODO VERTICAL

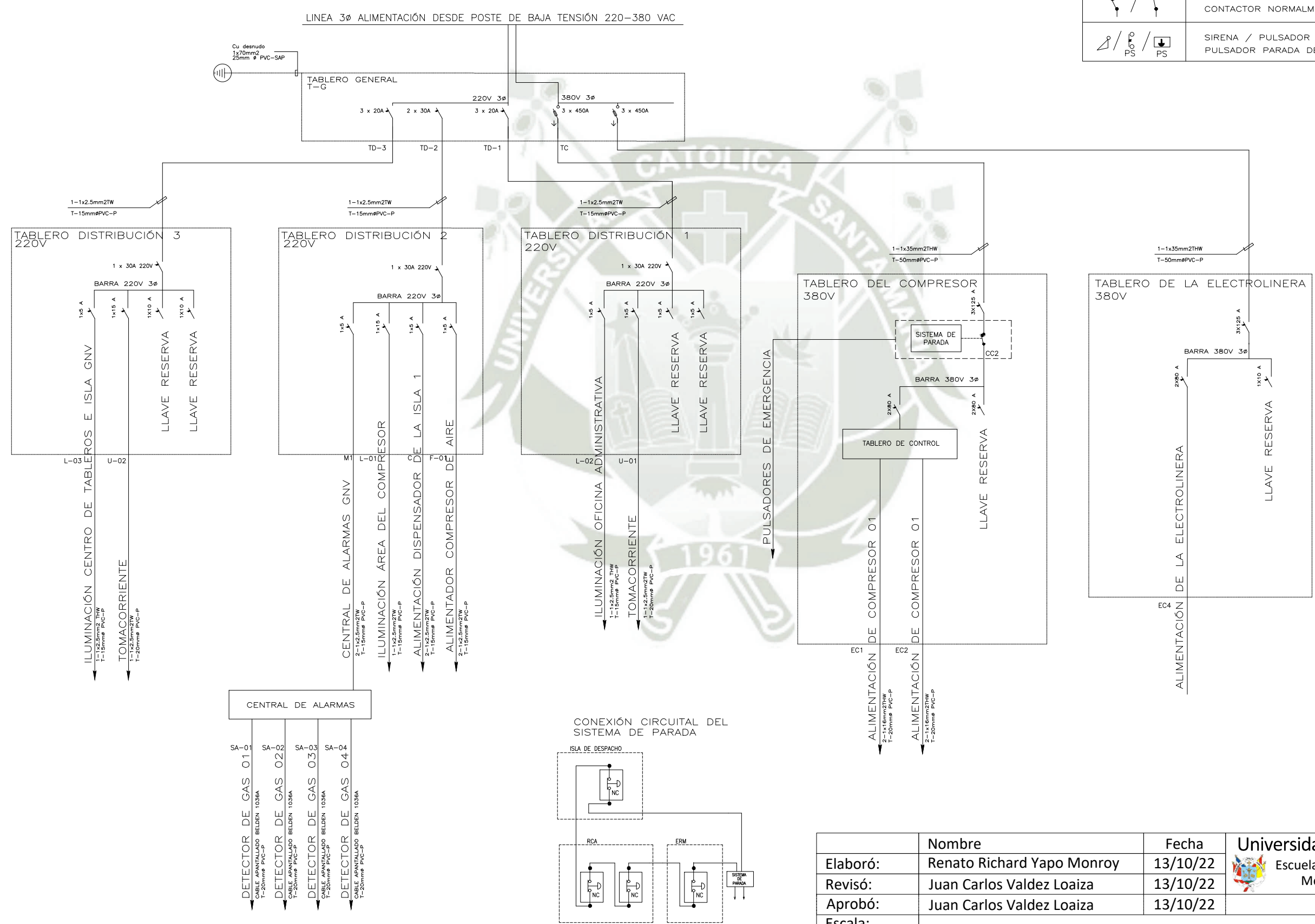


DETALLE – PROTECCIÓN CATÓDICA CON ÁNODO DE SACRIFICIO

		Nombre	Fecha	Universidad Católica de Santa María
Elaboró:	Renato Richard Yapo Monroy	13/10/22	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica	
Revisó:	Juan Carlos Valdez Loaiza	13/10/22		
Aprobó:	Juan Carlos Valdez Loaiza	13/10/22		
Escala:	DISTRIBUCIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE LA ESTACIÓN DE GNV			GNV-IE-001
1:125				Pág: 7
				Pág: 9

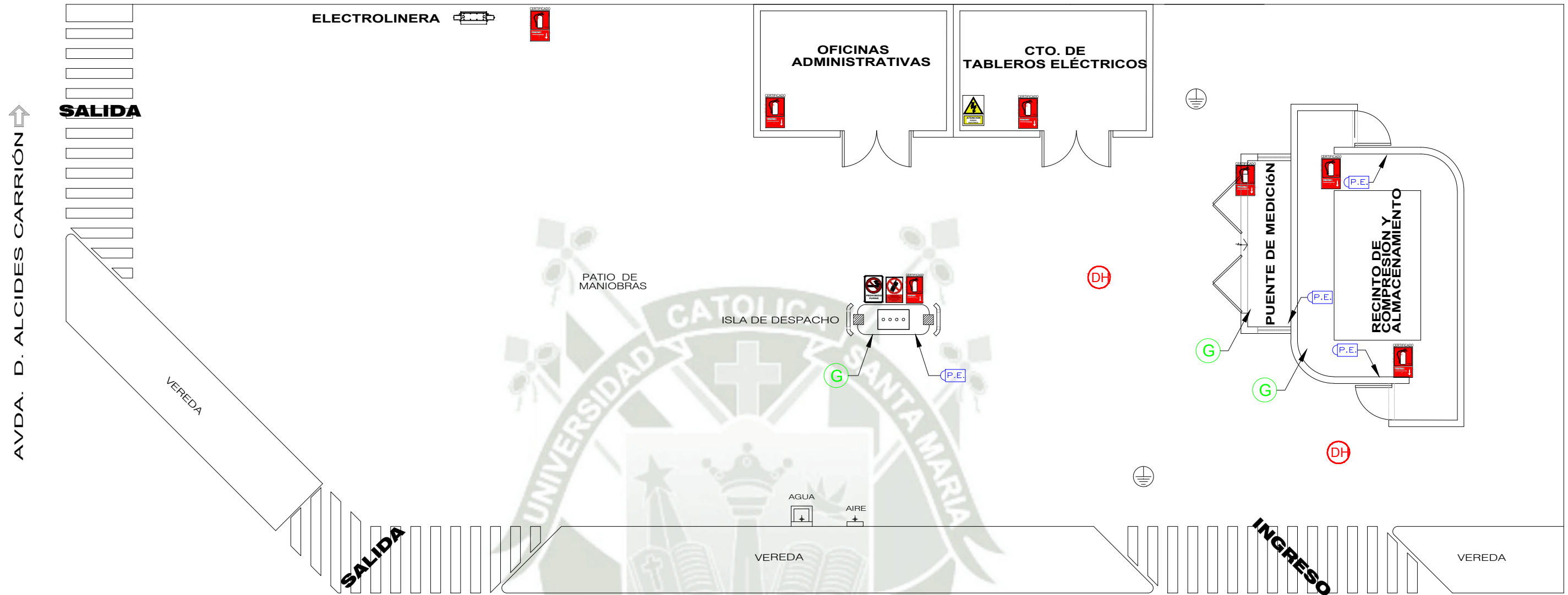
LEYENDA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	INTERRUPTOR BASE TRIPOLAR PORTAFUSIBLE
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
	CONTACTOR NORMALMENTE ABIERTO /
	CONTACTOR NORMALMENTE CERRADO
	SIRENA / PULSADOR PARADA DE SIRENA /
	PULSADOR PARADA DE EMERGENCIA



Elaboró:	Renato Richard Yapo Monroy	Fecha	13/10/22	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica
Revisó:	Juan Carlos Valdez Loaiza	Fecha	13/10/22	
Aprobó:	Juan Carlos Valdez Loaiza	Fecha	13/10/22	
Escala:	DIAGRAMA UNIFILAR DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE LA ESTACIÓN DE GNV			Pág: 8
1:125				Pág: 9

GNV-IE-002



VISTA DE PLANTA – UBICACIÓN DE SEÑALETICA Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

LEYENDA

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	LETRERO DE SEGURIDAD DE "ATENCIÓN RIESGO ELÉCTRICO"
	LETRERO DE SEGURIDAD DE "PROHIBIDO FUMAR"
	EXTINTOR DE POLVO QUÍMICO SECO
	PARADA DE EMERGENCIA
	LETRERO DE SEGURIDAD DE "APAGUE SU CELULAR"
	DETECTOR DE GAS
	PUESTA A TIERRA
	SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA

Notas:

1. Todas las medidas están en metros, salvo indicación contraria.

	Nombre	Fecha	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica
Elaboró:	Renato Richard Yapó Monroy	13/10/22	
Revisó:	Juan Carlos Valdez Loaiza	13/10/22	
Aprobó:	Juan Carlos Valdez Loaiza	13/10/22	
Escala:	GNV-SEG-001		
1:125	DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE SEGURIDAD DE LA ESTACIÓN DE GNV		Pág: 9 Págs: 9