

**DISEÑO DE LA ESTACION DE GNCV EL CARMEN EN GIRÓN SANTANDER**

**ING. ERVING QUINTERO GIL**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS  
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DEL GAS  
BUCARAMANGA  
2004**

**DISEÑO DE LA ESTACION DE GNCV EL CARMEN EN GIRÓN SANTANDER**

**ING. ERVING QUINTERO GIL**

**Monografía de grado presentada como requisito para optar al título de  
Especialista en Ingeniería del Gas**

**Presentado al Director:  
ING. MARIO PALMA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS  
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE GAS  
BUCARAMANGA  
2004**

Para mi esposa Luz Stella  
Mis hijas, Maria B y Maria F.  
Mi padre y mi madre (q.e.p.d).

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus más sinceros agradecimientos a:

**Escuela de Ingeniería de Petróleos – EIP** y a todos sus profesores por su apoyo desinteresado.

**Emiliano Ariza León**, Ingeniero de Petróleos

**MARIO PALMA**, Ingeniero Mecánico y Director del trabajo de grado, por el tiempo que dedicó y por todas su sugerencias.

## **RESUMEN**

**TITULO: DISEÑO DE LA ESTACION DE GNCV EL CARMEN EN GIRÓN SANTANDER<sup>1</sup>**

**AUTOR<sup>2</sup>**

ERVING QUINTERO GIL

### **PALABRAS CLAVES**

Gas Natural, Estación de servicio, Compresor, Surtidor, Batería de Almacenamiento.

### **DESCRIPCIÓN**

Esta monografía tiene como objetivo colocar al servicio de la comunidad universitaria y a todos los interesados en el tema del uso del gas natural y que requieren de información sobre el diseño, calculo, instalación, operación, aspectos económicos, ambientales sobre una Estación de servicio de GNCV.

Esta obra fue concebida buscando llenar en parte el vacío de conocimientos en el tema y da las bases y fundamentos de una manera sencilla y de fácil entendimiento.

Para el autor, es satisfactorio colaborar con la industria del gas, aportando el conocimiento adquirido y ponerlo a disposición de todos los interesados sin mayor esfuerzo académico. Su estudio a través de (8) capítulos, donde se explican en detalle todos los aspectos técnicos, económicos, el marco legal y ambiental de una estación de gas natural comprimido vehicular.

Todo esto con el fin de permitir mayor flexibilidad y confiabilidad en el momento de efectuar la selección de los equipos y elementos que conforman una estación de gas natural comprimido de uso vehicular (GNCV).

---

<sup>1</sup> Monografía

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Físicoquímica Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director Ing. Mari Palma

## **ABSTRACT**

**TITLE:** DESIGN OF THE STATION GNCV THE CARMEN IN GIRÓN SANTANDER<sup>3</sup>

**AUTHOR<sup>4</sup>**

ERVING QUINTERO GIL

### **KEY WORDS**

Natural gas, Station of service, Compressor, Spout, Battery of Storage.

### **DESCRIPTION**

This monograph has as objective to place to the service of the university community and all the interested ones in the topic of the use of the natural gas and that they require of information on the design, I calculate, installation, operation, economic aspects, environmental on a Station of service of GNCV.

This work was conceived looking for to fill the hole of knowledge partly in the topic and she/he gives the bases and foundations in a simple way and of easy understanding.

For the author, it is satisfactory to collaborate with the industry of the gas, contributing the acquired knowledge and to put it to disposition of all the interested ones without more academic effort. Their study through (7) chapters, where they are explained in detail all the technical, economic aspects, the legal and environmental mark of a station of gas natural vehicular tablet.

All this with the purpose of allowing bigger flexibility and dependability in the moment to make the selection of the teams and elements that conform a station of gas natural tablet of vehicular use (GNCV).

---

<sup>3</sup> Monografía

<sup>4</sup> Facultad de Ingeniería Fisicoquímica Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director Ing. Mari Palma

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                | Pag. |
|------------------------------------------------|------|
| 1. GENERALIDADES                               | 23   |
| 1.1 Antecedentes                               | 23   |
| 1.1.1 Generalidades del programa               | 23   |
| 1.1.2 Misión del programa                      | 23   |
| 1.1.3 Objetivos                                | 24   |
| 1.2 QUE ES EL GAS NATURAL COMPRIMIDO?          | 24   |
| 1.2.1 Fortalezas                               | 24   |
| 1.2.1.1 Economía                               | 24   |
| 1.2.1.2 Generación de empleo temporal y fijo   | 25   |
| 1.2.1.3 Proceso ambientalmente limpio y seguro | 25   |
| 1.2.1.4 Gases de efecto invernadero            | 26   |
| 1.2.1.5 Seguridad                              | 26   |
| 1.2.1.6 Abundancia doméstica                   | 27   |
| 1.2.2 Ventajas                                 | 27   |
| 1.2.2.1 Ventajas ambientales                   | 27   |
| 1.2.2.2 Ventajas económicas                    | 27   |
| 1.2.2.3 Ventajas de seguridad                  | 28   |
| 1.2.2.4 Ventajas generales                     | 28   |
| 1.2.3 Desventajas                              | 28   |
| 1.2.3.1 Desventajas económicas                 | 28   |
| 1.2.3.2 Desventajas generales                  | 28   |

|          |                                                                                |    |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.3      | EL GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE VEHICULAR                                      | 29 |
| 1.3.1    | Fundamentos                                                                    | 29 |
| 1.3.2    | Antecedentes Del Uso De G.N.C.V                                                | 30 |
| 1.4      | DESARROLLO DEL GNCV EN COLOMBIA                                                | 30 |
| 1.5      | ESTADO DE DESARROLLO DEL GAS NATURAL COMPRIMIDO                                | 33 |
| 1.5.1    | Análisis de la industria y del mercado                                         | 33 |
| 1.5.2    | Análisis de clientes.                                                          | 34 |
| 1.6      | Mercado potencial convertible                                                  | 36 |
| 1.7      | ANALISIS DE LA COMPETENCIA                                                     | 36 |
| 1.7.1    | Gasolina                                                                       | 37 |
| 1.7.2    | Efecto ambiental                                                               | 38 |
| 1.7.3    | Disponibilidad                                                                 | 38 |
| 1.8      | Principales problemas                                                          | 39 |
| 1.9      | Aspectos claves del programa                                                   | 39 |
| 1.10     | MARCO NORMATIVO, LEGAL Y AMBIENTAL                                             | 40 |
| 1.10.1   | Marco normativo y legal                                                        | 40 |
| 1.10.2   | Marco Jurídico Asociado con Proyectos de Distribución de Gas Natural           | 40 |
| 1.10.2.1 | Regulatorio                                                                    | 40 |
| 1.10.2.2 | Ambiental                                                                      | 41 |
| 1.10.2.3 | Marco Regulatorio Existente                                                    | 41 |
| 1.10.2.4 | Normatividad legal para proyectos de distribución de gas combustible Vehicular | 41 |
| 1.10.3   | Normas técnicas Colombianas relacionadas con GNCV                              | 42 |
| 1.10.3.1 | Para las estaciones de servicio                                                | 42 |
| 1.10.3.2 | Para los Talleres de conversión.                                               | 43 |
| 1.10.3.3 | Para los Equipos de conversión.                                                | 44 |

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.10.3.4 Otras normas                                                                                 | 44 |
| 1.10.4 MARCO JURÍDICO AMBIENTAL                                                                       | 45 |
| 1.10.5 Normatividad general                                                                           | 45 |
| 1.10.6 Comunidades Y Participación Ciudadana                                                          | 45 |
| 1.10.7 Espacio Publico                                                                                | 45 |
| 1.10.8 Flora Y Bosques                                                                                | 46 |
| 1.10.9 Paisaje                                                                                        | 46 |
| 1.10.10 Prevención De Desastres                                                                       | 46 |
| 1.10.11 Residuos                                                                                      | 46 |
| 1.10.12 Emisiones Atmosféricas                                                                        | 46 |
| 1.10.13 Agua                                                                                          | 47 |
| 1.10.14 Ruido                                                                                         | 47 |
| 1.10.15 Suelos                                                                                        | 47 |
| 1.10.16 Estaciones De Servicio                                                                        | 47 |
| 2 CARACTERIZACION AMBIENTAL                                                                           | 48 |
| 2.1 CRITERIOS AMBIENTALES                                                                             | 48 |
| 2.1.1 La gestión ambiental                                                                            | 48 |
| 2.2 LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS AMBIENTALES EN ESTACIONES DE SERVICIO. | 49 |
| 2.2.1 Objetivo general                                                                                | 50 |
| 2.2.2 Objetivos específicos.                                                                          | 50 |
| 2.3 IDENTIFICACION DE EFECTOS AMBIENTALES                                                             | 51 |
| 2.3.1 Emisiones de ruido                                                                              | 51 |
| 2.3.2 Emisión de gas por escapes a la atmósfera.                                                      | 51 |
| 2.3.3 Emisiones de polvo y material particulado.                                                      | 52 |

|        |                                                                                                               |    |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.4  | Contaminación de aguas.                                                                                       | 52 |
| 2.3.5  | Descargas de aceite por condensación del gas.                                                                 | 52 |
| 3      | DISEÑO - DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTACION                                                                      | 53 |
| 3.1    | CRITERIOS DE DISEÑO                                                                                           | 53 |
| 3.1.1  | Planeación del proyecto                                                                                       | 53 |
| 3.1.2  | Determinación del sitio para la estación de servicio de GNCV                                                  | 53 |
| 3.1.3  | Suministro de gas natural                                                                                     | 53 |
| 3.1.4  | Diseño preliminar arquitectónico                                                                              | 54 |
| 3.1.5  | Comercial preliminar                                                                                          | 54 |
| 3.1.6  | Inicio de construcción                                                                                        | 54 |
| 3.1.7  | Operación                                                                                                     | 54 |
| 3.1.8  | Selección de equipos                                                                                          | 55 |
| 3.1.9  | Aspectos ambientales                                                                                          | 55 |
| 3.1.10 | Obtención de permisos y licencias                                                                             | 55 |
| 3.1.11 | Otros requerimientos generales                                                                                | 55 |
| 3.2    | CRITERIOS PARA LA LOCALIZACION DE UNA ESTACION DE GNCV.                                                       | 56 |
| 3.2.1  | Criterios básicos                                                                                             | 56 |
| 3.2.2  | Urbanísticos                                                                                                  | 56 |
| 3.2.3  | Ambientales                                                                                                   | 57 |
| 3.3    | Ubicación y emplazamiento de los equipos                                                                      | 57 |
| 3.3.1  | Parámetros Civiles de la Estación de GNV                                                                      | 57 |
| 3.4    | SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS<br>PARA LA ESTACION DE SERVICIO DE GAS NATURAL<br>COMPRIMIDO | 60 |
| 3.4.1  | Composición del Gas Natural                                                                                   | 60 |
| 3.4.2  | Equipos y Obras Complementarias.                                                                              | 62 |

|        |                                                                                               |     |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.5    | OBRAS CIVILES REQUERIDAS                                                                      | 112 |
| 3.6    | SERVICIO A PRESTAR – CAPACIDAD DE OPERACIÓN.                                                  | 119 |
| 3.7    | PROCEDIMIENTOS GENERALES A TENER EN CUENTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN DE SERVICIO. | 122 |
| 3.7.1  | Documentos exigidos para la aprobación de la licencia.                                        | 122 |
| 3.7.2  | Documentos que deben estar disponibles en todo momento en la EDS.                             | 123 |
| 4      | EQUIPOS DE SEGURIDAD CON QUE CUENTA LA ESTACION DE GAS                                        | 125 |
| 4.1    | INSPECCIONES PERIÓDICAS                                                                       | 126 |
| 4.2    | VERIFICACIONES DIARIAS                                                                        | 126 |
| 4.3    | MANTENIMIENTO PREVENTIVO                                                                      | 128 |
| 4.4    | AVISOS DE SEGURIDAD                                                                           | 129 |
| 4.5    | SISTEMAS DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS DE GNCV.                                                 | 130 |
| 4.6    | CONSIDERACIONES GENERALES A TENER EN CUENTA DURANTE LA OPERACIÓN DE EQUIPOS.                  | 132 |
| 4.7    | MEDIDAS DE SEGURIDAD                                                                          | 133 |
| 5.     | LA ESTACION DE SERVICIO EL CARMEN                                                             | 135 |
| 5.1    | DESCRIPCION DEL PROYECTO                                                                      | 136 |
| 5.2    | UBICACIÓN                                                                                     | 137 |
| 5.3    | PARTES DE LA ESTACION                                                                         | 138 |
| 5.3.1  | Tablero de control                                                                            | 138 |
| 5.3.2. | PLC                                                                                           | 139 |
| 5.3.3. | Display                                                                                       | 140 |
| 5.3.4  | Surtidor modelo AS 120 SI                                                                     | 144 |
| 5.3.5  | Almacenamiento                                                                                | 157 |
| 5.4    | ALARMAS                                                                                       | 157 |
| 5.5    | RESUMEN DE POSIBLES FALLAS                                                                    | 158 |

|       |                                                                     |     |
|-------|---------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.5.1 | El PLC no muestra señales de funcionamiento y el panel esta apagado | 158 |
| 5.5.2 | El panel esta apagado y el PLC se encuentra encendido.              | 159 |
| 5.5.3 | Las funciones que intenta realizar no son ejecutadas.               | 159 |
| 5.5.4 | Disparo del térmico de algún motor.                                 | 159 |
| 5.5.5 | Falla el arrancador suave                                           | 160 |
| 5.5.6 | En el panel se enciende la señal roja FAULT                         | 160 |
| 6     | ANÁLISIS ECONOMICO DE ESTACIONES DE SERVICIO DE GNV                 | 161 |
| 6.1   | ANALISIS FINANCIERO DEL PROGRAMA                                    | 162 |
|       | CRITERIO DE EVALUACIÓN FINANCIERA PARA EL PROYECTO                  | 165 |
| 6.3   | COSTOS UNITARIOS GAS NATURAL COMPRIMIDO                             | 166 |
| 6.3.1 | Características del análisis                                        | 166 |
| 6.3.2 | Proyección de consumos                                              | 166 |
| 6.3   | ESTACION COMPRESORA                                                 | 167 |
| 7     | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES                                      | 177 |
|       | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS                                          | 179 |
| 8     | ANEXOS                                                              | 181 |

## LISTA DE TABLAS

|            |                                                                    | Pag. |
|------------|--------------------------------------------------------------------|------|
| Tabla 1.1  | Potencial Convertible Gas Natural Vehicular                        | 36   |
| Tabla 1.2  | Ventajas y desventajas del uso de GNCV.                            | 37   |
| Tabla 1.3  | Características comparativas de gasolina y GNCV.                   | 37   |
| Tabla 1.4  | Comparativo Emisiones Fuentes Fijas y Móviles                      | 39   |
| Tabla 3.1  | Dimensiones de Islas de Surtidores                                 | 58   |
| Tabla 3.2  | Distancias mínimas de seguridad de equipos de GNCV                 | 60   |
| Tabla 3.3  | Composición Típica del Gas Natural en Colombia                     | 61   |
| Tabla 3.4  | Composición Típica – Propiedades                                   | 61   |
| Tabla 3.5  | Cálculo de K para una mezcla de gases                              | 66   |
| Tabla 3.6  | Resultados de propiedades pseudo críticas para el diseño Propuesto | 79   |
| Tabla 3.7  | Selección de compresores para el diseño propuesto                  | 80   |
| Tabla 3.8  | Selección del motor para el diseño propuesto                       | 82   |
| Tabla3.9   | Selección de batería de almacenamiento para el diseño Propuesto    | 86   |
| Tabla 3.10 | Selección de cilindros                                             | 88   |
| Tabla 3.11 | Selección de surtidores para el diseño propuesto                   | 90   |
| Tabla 3.12 | Relación entre diámetro de tubería y tasa de flujo                 | 93   |
| Tabla 3.13 | Espesor mínimo para tuberías de acero.                             | 95   |
| Tabla 3.14 | Distancias mínimas de seguridad de equipos de GNCV                 | 118  |
| Tabla 5.1  | Partes del sistema de flujo en la estación de servicio             | 136  |
| Tabla 5.2  | Partes del sistema eléctrico de la estación de servicio            | 137  |
| Tabla 5.3  | Especificaciones del surtidor                                      | 145  |
| Tabla 5.4  | Códigos de error en el medidor másico ABL SM 01                    | 152  |

|                         |                                                             |     |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 5.5               | Códigos de error para el medidor másico Develco             | 153 |
| Tabla 6.1               | Mercado potencial convertible                               | 161 |
| Tabla 6.2               | Recuperación de la inversión                                | 164 |
| Tabla 6.3               | Rentabilidad de los negocios                                | 165 |
| Tabla 6.4               | Costo unitario del gas comprimido                           | 166 |
| Tabla 6.5               | Unidades constructivas compresoras de gas natural           | 168 |
| Tabla 6.6               | Costos equipos compresora de gas natural                    | 169 |
| Tabla 6.7               | Inversión total compresora                                  | 170 |
| Tabla 6.8               | Costo de compresión de acuerdo número de horas y de presión | 171 |
| Tabla 6.9               | Parámetros de cálculo                                       | 172 |
| Tabla 6.10              | Análisis crédito equipos de GNCV                            | 173 |
| Tabla 6.11 <sup>a</sup> | Proyección de demanda e ingresos                            | 173 |
| Tabla 6.11b             | Proyección de demanda e ingresos                            | 174 |
| Tabla 6.12              | Fórmula tarifaria y Proyección de precio de venta del GNCV  | 174 |
| Tabla 6.13              | Análisis del costo de compresión para la estación el Carmen | 175 |
| Tabla 6.14              | Análisis financiero del proyecto estación el Carmen         | 176 |
| Tabla 8.1               | Conversiones de vehículos en Colombia                       | 181 |
| Tabla 8.2               | Estaciones de servicio en Colombia                          | 181 |
| Tabla 8.3               | Talleres de conversión en Colombia                          | 183 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                             | Pag.      |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| Figura 1.1 Evolución Conversión Vehículos a 2004            | 34        |
| Figura 1.2 Evolución proyectada Conversión Vehículos        | 35        |
| Figura 1.3 Evolución Proyectada Estaciones de GNCV          | 35        |
| Figura 1.4 Potencial Convertible en el servicio público     | 36        |
| Figura 1.5 Comparativo Beneficios Combustibles Alternativos | 38        |
| Figura 1.6 Comparativo Emisiones Combustibles Automotores   | 39        |
| Figura 3.1 Pasos de compresión de un compresor reciprocante | 64        |
| Figura 3.2 Cálculo de K a partir del peso molecular del gas | 66        |
| Figura 3.3 Nomograma para calcular temperatura de descarga  | 68        |
| Figura 3.4a Cálculo de caballaje de compresión              | 69        |
| Figura 3.4b Cálculo de caballaje de compresión              | 70        |
| Figura 3.5 Corrección de caballaje de compresión            | 71        |
| Figura 3.6 Potencia Aproximada Para Compresores De Gas      | 75        |
| Figura 3.7 Reducción de potencia por multi - etapamiento    | 76        |
| Figura 3.8 Diagrama de Flujo en Estaciones Compresoras      | 81        |
| Figura 3.9 Diagrama de Flujo Almacenamiento                 | <b>84</b> |
| Figura 3.10 Puente de regulación y medición                 | 91        |
| Figura 3.11 Válvula de compuerta                            | 97        |
| Figura 3.12 Válvula de mariposa                             | 98        |
| Figura 3.13 Válvula de bola                                 | 98        |
| Figura 3.14 Válvula de retención                            | 99        |
| Figura 3.15 Dispositivo de alivio de presión                | 100       |
| Figura 3.16 Discos de ruptura                               | 101       |
| Figura 3.17 Esquema estación de servicio                    | 102       |

|             |                                                                             |     |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 3.18 | Equipos requeridos en la estación compresora de gas natural Vehicular       | 101 |
| Figura 3.19 | Sistema de carga rápida de GNCV con tres bancos de Almacenamiento           | 103 |
| Figura 3.20 | Puente de regulación                                                        | 104 |
| Figura 3.21 | Compresión ASPRO para la estación el Carmen                                 | 105 |
| Figura 3.22 | Cilindros de almacenamiento de GNCV- Bat en posición vertical               | 108 |
| Figura 3.23 | Surtidor de gas comprimido                                                  | 110 |
| Figura 3.24 | Bunker – Caseta de protección de equipos ASPRO                              | 113 |
| Figura 3.25 | Basamento inferior del compresor                                            | 115 |
| Figura 3.26 | Distancias de seguridad                                                     | 116 |
| Figura 3.27 | Cárcamos de conducción                                                      | 117 |
| Figura 3.28 | Vista de planta y lateral de un surtidor                                    | 118 |
| Figura 3.29 | Servicios que presta la estación                                            | 121 |
| Figura 3.30 | Diagrama de Flujo de la operación de GNCV                                   | 122 |
| Figura 4.1  | Pulsadores de emergencia de la estación El Carmen                           | 126 |
| Figura 4.2  | Nivel de aceite del carter del compresor ASPRO de la Estación el Carmen     | 127 |
| Figura 4.3  | Manómetro de presión de aceite del compresor ASPRO de la Estación el Carmen | 127 |
| Figura 4.4  | Avisos y Equipos de la Estación el Carmen                                   | 129 |
| Figura 4.5  | Compresor IODM 115-4 ASPRO de la Estación el Carmen                         | 131 |
| Figura 4.6  | Surtidores de la Estación el Carmen                                         | 132 |
| Figura 4.7  | Suministro de gas en la Estación el Carmen                                  | 132 |
| Figura 5.1  | Flujo del gas en la Estación de servicio                                    | 136 |
| Figura 5.2  | Sistema eléctrico en la Estación de servicio                                | 137 |
| Figura 5.3  | Tablero de control de la Estación el Carmen (Girón - Santander)             | 138 |

|             |                                                                 |     |
|-------------|-----------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 5.4  | Cableado del panel de control                                   | 139 |
| Figura 5.5  | PLC instalado en la estación de servicio.                       | 140 |
| Figura 5.6  | Display vista anterior y posterior en el tablero de control     | 141 |
| Figura 5.7  | Surtidor instalado en la Estación el Carmen (Girón – Santander) | 144 |
| Figura 5.8  | Válvula de tres vías del surtidor.                              | 149 |
| Figura 5.9  | Instrucciones panel de alarmas                                  | 157 |
| Figura 5.10 | Arrancador suave del motor eléctrico del compresor.             | 160 |
| Figura 6.1  | Horas de Servicio diarias                                       | 165 |
| Figura 6.2  | Características Vehículos                                       | 167 |
| Figura 6.3  | Variación de Costos de Compresión                               | 172 |

## INTRODUCCIÓN

A lo largo del último siglo y paralelamente al desarrollo de nuevas tecnologías para disminuir el consumo energético y aumentar la eficiencia y la potencia de los motores, los investigadores han destinado gran parte de su esfuerzo a desarrollar un combustible ideal, esto es, que sea económico, eficiente, no contaminante, seguro y con reservas abundantes.

Las alternativas estudiadas se han enfocado a la electricidad, la energía solar y el hidrógeno básicamente. Para lograr satisfacer esta necesidad, en los últimos años se han venido desarrollando vehículos propulsados por motores eléctricos los cuales son accionados con la energía que suministra las celdas de combustible, aunque en la actualidad resulta muy costosa esta tecnología se piensa que en el futuro disminuirá al incrementarse la demanda.

No obstante, de todas las opciones que han sido analizadas, el Gas Natural Comprimido, sobresale como la única alternativa viable para sustituir los combustibles, obviamente con algunos problemas menores para su utilización, que son ampliamente compensados por las ventajas comparativas que ofrece.

El Gas Natural comprimido para uso Vehicular se ha presentado como una oportunidad para el país en términos económicos y ambientales. De acuerdo a proyecciones realizadas por el Ministerio de Minas y Energía, Colombia cuenta con reservas de gas natural para los próximos 20 años. Adicionalmente, la posibilidad de interconexión gasífera con Venezuela permite acceder a las reservas del vecino país que representan por lo menos 150 años de producción de dicho combustible.

En cuanto a las calidades ambientales del Gas Natural Vehicular es claro que las emisiones contaminantes por el uso de este combustible son inferior e incluso nulo comparadas con las de otros combustibles. Es así como por ejemplo el Gas Natural Vehicular reduce las emisiones de gases responsables del efecto invernadero y de buena parte de las enfermedades respiratorias en los grandes centros urbanos.

Con el decidido apoyo de las empresas productoras, transportadoras y distribuidoras de gas natural, y con el concurso de diferentes fabricantes y distribuidores de reconocidas marcas a nivel mundial de equipos de conversión, cilindros de almacenamiento, compresores y surtidores para estaciones de servicio, se han establecido acuerdos con las empresas comercializadoras de GNCV para que se desarrollen este tipo de proyectos en aquellas ciudades del país donde es posible entregar este producto, entre las cuales se pueden mencionar: Barranquilla, Santa Marta, Cartagena, Bogotá, Neiva, Armenia, Bucaramanga, Cali y Medellín, ciudades que hoy cuentan con las infraestructuras de servicio (Estaciones y Talleres) necesarias para que los transportadores de cada región puedan recibir en forma directa los beneficios que el GNCV ofrece.

Este documento, busca despertar el interés en una de las formas de la utilización del gas natural, como el uso en los vehículos a través de las estaciones de gas natural comprimido donde se describen los equipos necesarios para la compresión del gas, los cilindros de almacenamiento, los equipos necesarios para la medición, etc.

Otro aspecto importante del texto es resaltar el gran valor que tiene la selección de los equipos y todos los demás elementos que conforman una estación de gas comprimido vehicular.

En este tratado se abordan otros temas, como la parte normativa, los permisos, certificaciones, el plan de ordenamiento territorial, es decir todo el aspecto legal necesario para el funcionamiento de una estación de servicio.

Finalmente, el texto, hace énfasis en el análisis económico, la parte eléctrica, obras civiles, costo de los equipos y puesta en servicio de la estación.

## **METODOLOGÍA**

Es importante que el lector conozca el por qué de la secuencia de presentación del trabajo, para comprender los planteamientos pedagógicos expuestos. Presenta inicialmente los fundamentos básicos para inducir al lector al tema de una manera sencilla, siguiendo un patrón de enseñanza basado en la experiencia escrita de muchas personas y con el único fin de servir como un texto de consulta en el tema de las estaciones de servicio para gas vehicular.

En el tercer capítulo una descripción detallada de los equipos de compresión y almacenamiento, elementos de medición necesarios para la instalación y correcta operación de la estación de GNCV. Además presenta los parámetros básicos para una óptima selección de acuerdo al dimensionamiento para ciertas condiciones proyectadas de operación.

Todo esto con el fin de permitir mayor flexibilidad y confiabilidad en el momento de efectuar la selección de los equipos y elementos que conforman una estación de gas natural comprimido de uso vehicular (GNCV).

## **JUSTIFICACIÓN**

La contaminación urbana es causada casi exclusivamente por los vehículos automotores, que queman derivados del petróleo como el diesel y la gasolina. Para comprender la magnitud de este problema, basta decir que los combustibles fósiles producen el 70% de la contaminación con monóxido de carbono y más del 90% de la contaminación con plomo, que afectan la salud de los habitantes y les ocasionan severos problemas de tipo visual, respiratorio, cardiovascular y neurológico principalmente, lo que ha causado la natural preocupación de las autoridades ambientales, que exigen soluciones radicales en el menor tiempo posible.

Teniendo en cuenta las incomparables ventajas ambientales, la abundancia del recurso, las redes de distribución urbana existentes, la necesidad de racionalizar la balanza energética del país, el ahorro de divisas al reducir las importaciones de gasolina y diesel, los menores costos para el usuario final y los altos índices de seguridad que ofrece el gas natural, el Gobierno Nacional decidió impulsar el “Programa de Gas Natural Vehicular”, GNV, conformando para el efecto un grupo interdisciplinario y multisectorial coordinado por ECOPETROL, con el propósito de estudiar y reglamentar todo aquello que de alguna manera pudiese incidir en el éxito del proyecto y en el cumplimiento de los ambiciosos planes previstos. Para este fin se crea el documento CONPES 2933 Junio de 1997 “Seguimiento a la situación de abastecimiento de electricidad en el corto y mediano plazo y del plan de masificación del gas”.

A finales del año 2001, el Ministerio de Transporte estableció el Sistema Unificado de Información Conjunta (SUIC), con el propósito de garantizar la seguridad del funcionamiento de los vehículos impulsados por GNCV. Para cumplir este propósito es preciso establecer un control y enlace entre los talleres y la estación de servicio de GNCV, a través de dispositivos electrónicos instalados en los vehículos, para controlar las fechas de ejecución de las revisiones y mantenimientos periódicos de los mismos.

La seguridad ha sido la premisa fundamental sobre la cual se ha desarrollado la industria del Gas Natural comprimido vehicular en Colombia.

El enfoque de seguridad se evidencia en directrices como el uso de tecnologías probadas en diversos países tanto para la construcción de la infraestructura de suministro del gas en las estaciones de servicio como para la conversión de los vehículos de gasolina a sistemas bicomcombustibles gasolina / gas.

La resolución 7909 del 28 de septiembre de 2001, expedida por el ministerio del transporte, su propósito consiste en establecer las medidas tendientes a garantizar la seguridad en los vehículos convertidos o dedicados a GNCV.

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1 Antecedentes**

#### **1.1.1 Generalidades del Programa**

El programa de gas natural comprimido vehicular (GNCV) se desarrolla con tres propósitos fundamentales:

- Disminución de la contaminación atmosférica debida al parque automotor,
- Diversificación de la canasta de energéticos
- Utilización de la infraestructura creada para el plan de masificación del gas natural, contribuyendo a la recuperación del capital invertido.

Enmarcado dentro de las directrices del gobierno nacional a través de sus ministerios de Minas y Energía y de Transporte, se espera un desarrollo dinámico dentro de los próximos 10 años con penetración en las principales ciudades del país en donde ya se cuenta con infraestructura construida para la distribución de gas natural domiciliario por redes.

#### **1.1.2 Misión del Programa**

La implantación del programa de GNCV tiene como propósitos fundamentales su contribución al desarrollo sostenible de los siguientes aspectos:

**Energéticos:** Promover el uso eficiente de las reservas disponibles de hidrocarburos, especialmente las del gas natural, facilitando una oferta de energéticos flexible, suficiente y diversificada. Esto se logra a través de la sustitución de energéticos más costosos en el sector transporte, donde son utilizados en forma ineficiente.

**Económicos y sociales:** El uso eficiente de los energéticos da viabilidad al establecimiento de una canasta de energéticos más económica, acorde con el nivel de ingreso de la población. En el proceso de materialización del Programa se moviliza una gran cantidad de capital privado que se incorporará a los diferentes negocios conexos con el desarrollo del GNCV. El resultado del proceso será un incremento real de la cobertura del GNCV en mercados existentes y la incursión a nuevos centros de consumo.

**Ambientales:** El uso eficiente de la energía es un factor determinante en la disminución del impacto ambiental de las actividades productivas del país. Adicionalmente, al ser el GNCV un combustible limpio, eficiente y abundante, permitirá reemplazar la utilización de energéticos altamente contaminantes.

### **1.1.3 Objetivos**

El programa se ha ido consolidando en el mercado nacional, con proyección aún incipiente hacia los inversionistas internacionales. Son éstos los que, a través de mecanismos efectivos de atracción, deberán encargarse de garantizar el equilibrio entre oferta y demanda necesario para lograr los propósitos establecidos para el proyecto. Para que esto sea viable, es necesario que en el país se cumplan las siguientes estrategias:

1. Prosperidad para todos los segmentos de la Industria (fabricantes de vehículos, proveedores de equipos completos de conversión, talleres de conversión, proveedores de equipos para estaciones de servicio, constructores, propietarios y operarios de estaciones de servicio, distribuidores de gas natural y clientes).
2. Atención a las flotas de alto consumo de combustible (Buses y busetas de servicio público, taxis, colectivos, transporte de servicio escolar, flotillas de transporte cautivas de empresas, etc.).
3. Desarrollo de incentivos gubernamentales (tratamiento especial en materia de impuestos, garantías en el tema tarifario frente a los combustibles tradicionales, regulaciones ambientales, entre otras).
4. Promover la fabricación de vehículos dedicados desde fábrica (línea de vehículos livianos, motores para trabajo medio y pesado, camiones, buses, busetas, colectivos).
5. La seguridad nunca debe ser comprometida (creación y actualización permanente de la normativa técnica, capacitación y formación, apoyo a comités técnicos).

## **1.2 ¿QUE ES EL GAS NATURAL COMPRIMIDO?**

La comisión de regulación de energía y gas por Resolución número 018 del 22 de junio de 1995 definió el GNCV como *"Una mezcla de hidrocarburos, principalmente metano, cuya presión se aumenta a través de un proceso de compresión y se almacena en recipientes cilíndricos de alta resistencia"*. Definición bajo la cual se apoyó el Ministerio de Minas y Energía para emitir la resolución 8 0582 de abril de 1996 por la cual se reglamenta el almacenamiento, manejo y distribución del gas natural comprimido GNC para uso en vehículos automotores.

### **1.2.1 Fortalezas**

#### **1.2.1.1 Economía**

Los ahorros en combustible por la conversión de vehículos a gas natural comprimido, GNCV, están alrededor del 50% respecto de la gasolina. .

Sobre la base de un galón equivalente, los costos del GNCV son, en promedio, entre el 40 y el 50% más bajos que los de la gasolina.

El GNCV es un combustible de combustión limpia, lo que se traduce en reducción de los costos de mantenimiento de los vehículos. Muchos propietarios de vehículos con GNCV reportan que los cambios de aceite se realizan solamente cada 16000 a 32000 Km. Las bujías estándar pueden durar tanto como 120000 Km.

El GNCV, a diferencia de los combustibles líquidos, no puede ser extraído del vehículo. El robo de combustible constituye una de las mayores preocupaciones de los gerentes de las empresas transportadoras.

Los vehículos pueden ser cargados mediante “Llenado Rápido” en cinco a seis minutos usando GNCV almacenado en cascadas de cilindros o cargados mediante “Llenado lento” entre cinco y ocho horas. Muchas estaciones privadas de llenado especifican una combinación entre estos dos tipos.

#### **1.2.1.2 Generación de empleo temporal y fijo**

Durante la ejecución del proyecto se requerirá personal capacitado y no capacitado, encargado de realizar las actividades necesarias para la construcción y operación de la estación compresora.

De acuerdo con las estimaciones del Gobierno Nacional y con el propósito de cubrir la demanda del proyecto en cuanto a vehículos con GNCV y estaciones de servicio, será necesaria la creación de nuevos empleos. Se estima que en la conversión de los vehículos, en la construcción de infraestructura y estaciones de servicio y en el mantenimiento tanto de los vehículos como de las estaciones de servicio se crearán unos 13500 nuevos empleos durante la primera fase de desarrollo del mercado

#### **1.2.1.3 Proceso ambientalmente limpio y seguro**

La contaminación urbana es causada casi exclusivamente por los vehículos automotores que queman derivados del petróleo como diesel y la gasolina, lo que ha causado la preocupación de las autoridades ambientales, que exigen soluciones definitivas a corto plazo. La utilización de gas natural, sea como combustible vehicular o de uso doméstico genera una mejor calidad del aire gracias a que produce hasta un 80% menos de monóxido de carbono CO, que los combustibles tradicionales.

El GNCV constituye el combustible alternativo con combustión más limpia. Las emisiones que salen por el exhosto de los vehículos que funcionan con GNCV resultan mucho menores que las que se generan en los vehículos con características equivalentes que utilizan la gasolina. Por ejemplo, las emisiones de monóxido de carbono son aproximadamente el 70% menores, las emisiones orgánicas gaseosas sin metano son el 89% menor y las emisiones de óxidos de nitrógeno son del orden del 87% inferior. No obstante estas reducciones en sustancias contaminantes, el GNCV emite significativamente menores cantidades de gases de efecto invernadero y de toxinas comparativamente frente a los vehículos que operan con combustibles tradicionales.

Los vehículos dedicados a GNCV producen emisiones evaporativas despreciables durante el tanqueo y su funcionamiento. Este tipo de emisiones, para los vehículos a gasolina, representan al menos el 50% del total de emisiones de hidrocarburos

generadas por el vehículo. De igual forma, los vehículos dedicados a GNCV pueden reducir las emisiones de dióxido de carbono en valores cercanos al 20%.

Se ha demostrado que la exposición a los niveles de material particulado del fino que se hallaron en muchas ciudades norteamericanas incrementa el riesgo a contraer enfermedades respiratorias. Los contaminantes expedidos por los exhostos de los vehículos que operan con diesel se encuentran bajo pruebas para corroborar sus efectos epidemiológicos. Natural gas engines produce only tiny amounts of this matter.

#### **1.2.1.4 Gases de Efecto Invernadero**

Por cada unidad de energía, el GNCV contiene menos carbón que cualquier otro combustible de origen fósil y, por ende, produce menos emisiones de CO<sub>2</sub> por cada kilómetro recorrido. Este combustible también emite muy bajos niveles de monóxido de carbono (aproximadamente el 70 % menos que lo que se registra en vehículos a gasolina comparables) y de compuestos volátiles de tipo orgánico. A pesar de que estas dos sustancias no son, por sí mismas, gases de efecto invernadero, sí juegan un papel importante en la contribución al rompimiento en la atmósfera de las moléculas de metano y de otros gases de efecto invernadero, incrementando así la rata global de descomposición del metano.

#### **1.2.1.5 Seguridad**

Los vehículos que operan con GNCV son tan seguros como los vehículos que funcionan con combustibles tradicionales. De hecho, muchas empresas encargadas de proveer servicio de transporte con altos estándares de seguridad, prefieren al GNCV como combustible debido a que, a diferencia de los que sucede con la gasolina, éste se disipa en la atmósfera en el evento de un accidente. La gasolina se derrama en el piso creando un riesgo de incendio.

Existen dos razones fundamentales para este excelente record en seguridad de los vehículos con GNCV: La integridad estructural del sistema de combustible y las características físicas del gas natural como combustible.

Los cilindros de almacenamiento del GNCV son mucho más robustos que los tanques para gasolina. El diseño de estos cilindros está sujeto a varias pruebas de “abuso severo”, tales como sometimiento a condiciones extremas de y calor presión, balística, colisiones y fuego directo.

El los vehículos con GNCV, el sistema de combustible está “sellado”, lo que previene cualquier fuga o pérdidas por evaporación. Incluso en el caso de que una fuga pudiera ocurrir, el gas natural se disipará en la atmósfera ya que es más liviano que el aire.

El GNCV presenta alta temperatura de ignición, cerca de los 650 grados Celsius (°C), comparados contra los 350°C de la gasolina. Por otra parte presenta un rango estrecho de inflamabilidad; esto es, en concentraciones de aire por debajo del 5% y por encima del 15%, el gas natural no arderá. La alta temperatura de ignición, sumada con el rango limitado de inflamabilidad, hace que resulte improbable la ignición accidental del GNCV.

El GNCV no es tóxico ni corrosivo. Su combustión no produce aldehídos ni otras toxinas al aire, que resultan de preocupación para las gasolinas y algunos otros combustibles alternativos.

#### **1.2.1.6 Abundancia Doméstica<sup>5</sup>**

El gas natural es un combustible doméstico, listo para ser usado. De acuerdo con las proyecciones de ECOPETROL, existe un suministro garantizado por unos 20 años limitado a la tecnología existente. El 100% de todo el gas consumido en Colombia es producido en el País.

### **1.2.2 Ventajas**

#### **1.2.2.1 Ventajas ambientales**

- Tiene una combustión muy limpia: no emite cenizas ni partículas sólidas a la atmósfera; genera una reducida emisión de óxidos de nitrógeno (NOx), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e hidrocarburos reactivos, y virtualmente no genera dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Contribuye a abatir eficazmente el efecto invernadero y la lluvia ácida
- Es seguro de transportar
- Es más ligero que el aire: En la eventualidad de un escape, el gas se dispersa hacia arriba rápidamente en lugar de acumularse formando depósitos peligrosos en el suelo.
- No es corrosivo, No es tóxico
- Disminuye el grado de emisiones sonoras
- Menor contenido de carbono de todos los combustibles fósiles

#### **1.2.2.2 Ventajas económicas**

- Tiene un precio muy competitivo comparado con el de otros combustibles. Representa un 53% de ahorro frente a la gasolina corriente y un 63% frente a la premium
- No requiere costosos procesos de refinamiento lo que garantiza precios favorables a los consumidores
- Reduce costos de operación y de mantenimiento por la eficiencia y limpieza del gas natural.
- Prolonga la vida del motor, disminuye la frecuencia del cambio de aceite, aumenta la vida útil de los lubricantes, bujías, filtros del aire y del aceite
- Mejor desempeño de los vehículos debido a la alta tecnología de los equipos de conversión.

#### **1.2.2.3 Ventajas de Seguridad**

- Mayor seguridad del tanque de almacenamiento de gas natural comparado con el de gasolina o el diesel.

---

<sup>5</sup> Información suministrada por Julián Villaruel Director General UPME

- Los cilindros son expuestos a duras y exigentes pruebas que garantizan su excelente calidad.
- Existe una sólida plataforma de especificaciones técnicas para la implementación de GNCV que permiten minimizar los problemas de seguridad en las estaciones de servicio y en los talleres de conversión
- Capacitación del personal técnico que se encarga de atender la venta de en las EDS o realizar la conversión en los talleres autorizados

#### **1.2.2.4 Ventajas generales**

- Optimización del uso de los recursos energéticos del país, mediante la diversificación de combustibles y el empleo más eficiente de los hidrocarburos
- Mejoramiento de la Balanza Comercial debido a una disminución de las importaciones de Gasolina
- Por ser un mercado en desarrollo presenta excelentes oportunidades para la creación de empresas, generación de empleo y producción de utilidades

#### **1.2.3 Desventajas (6)**

Existen varias causas atribuibles para que el programa de GNCV no haya desarrollado a la fecha con la intensidad esperada tales como:

##### **1.2.3.1 Desventajas económicas**

- Los costos de conversión (KIT) se constituyen en el principal obstáculo al programa de GNCV, pues el tiempo de recuperación de la inversión asciende a 24 meses en un vehículo que se moviliza por lo menos 200 Km. diarios.
- Falta de ampliación de las redes de transporte de gas natural, a las regiones donde sea económicamente viable. Esto hace que existan pocas estaciones en las carreteras nacionales.

##### **1.2.3.2 Desventajas generales**

- La ausencia de competitividad económica del GNCV con el diesel, de tal forma que el diesel ha captado mercado potencial para el uso del GNCV, de esta forma la dieselización del parque automotor se constituye como el fuerte obstáculo a la implementación del GNCV en el país.
- La existencia de un problema cultural asociado a la no cultura de mantenimiento preventivo de los vehículos. Dado que el sistema bicomcombustible requiere excelente condiciones de los vehículos para su preconversión y operación, mientras que los motores de gasolina y ACPM pueden operar con fallas aparentemente no sustanciales.
- El almacenamiento del gas en los cilindros de los carros, es también una variable crítica, por la baja autonomía que se logra.

---

<sup>6</sup> Información suministrada por Ing. José Ignacio Huertas, Profesor Asociado Dpto. Ingeniería Mecánica Universidad de los Andes.

- El peso de los cilindros, afecta la capacidad de aceleración, autonomía y el consumo de combustible, la disponibilidad de espacio para el montaje de los cilindros.
- Variaciones fuertes en la composición química de gas, afecta el funcionamiento del motor.
- En los motores diesel convertidos, el kit es mas costoso por su tecnología, se necesitan mas cilindros, solo aplica a vehículos turbo alimentados dejando por fuera un gran parque automotor .
- El incremento de la altura sobre el nivel del mar hace que la potencia del motor disminuya, debido a que se reduce la cantidad de aire (baja la densidad por efecto de la presión atmosférica) y se reduce la concentración de oxígeno, esto hace que se aumente el consumo de combustible para lograr la misma potencia útil del motor.
- Falta fomentar la implementación de un mayor numero de estaciones en las ciudades, para satisfacer la demanda de los usuarios.
- Falta realizar campañas de información sobre el uso, funciones, requisitos, y beneficios del gas natural.

### **1.3 EL GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE VEHICULAR**

Con base en los análisis de alternativas de uso de nuevas fuentes de combustibles, el uso del gas natural comprimido, GNCV, es una nueva tecnología que favorece al transportista y a la calidad del aire de la ciudad, lo que permite definirlo como ambiental, tecnológica y económicamente favorable para su instalación; comparado con los conocidos sistemas de gasolina y ACPM.

#### **1.3.1 Fundamentos**

Países de mayor nivel de desarrollo han iniciado agresivas políticas de sustitución de combustibles líquidos por gas natural comprimido, GNCV, destacándose los logros alcanzados por Argentina, con más de 1000.000 vehículos reconvertidos. Programas similares se adelantan en EE.UU. Francia, Japón, Canadá, Nueva Zelanda, Italia, Rusia, México y Brasil.

El GNCV (Gas Natural Comprimido Vehicular) produce una combustión más completa y pura que la de los combustibles líquidos, disminuyendo significativamente el nivel de gases contaminantes (Hidrocarburos no quemados y monóxido), motor propulsado a GNCV anda más suave, no se desgasta y además, evita en un 90% la contaminación ambiental.

La propulsión a GNCV no produce residuos de carbón, no forma sedimentos ni lava las paredes de los cilindros. Por esto, duplica la vida útil del motor, triplica la de las bujías y cuadriplica la de los filtros y aceite.

El GNCV es la alternativa de combustible más económica conocida, por que es el mismo gas que se utiliza para uso doméstico diferenciándose únicamente por estar comprimido para que pueda ser transportado como combustible para su vehículo.

#### **1.3.2 ANTECEDENTES DEL USO DE G.N.C.V.**

En Colombia sólo el 1 % del gas utilizado se destina a una aplicación conocida pero tal vez poco evaluada y promocionada como es el G.N.C.V, En Colombia el uso del gas natural comprimido para uso vehicular se inicio hace algo mas de 15 años, con proyectos liderados por Promigas, circunscritos en la Costa Atlántica con un total de 4500 vehículos convertidos, en su mayoría de servicio público, todos ellos operando satisfactoriamente.

La división G.N.C de Promigas S.A. Comenzó operaciones en el año de 1986 con el objeto de entregar los beneficios del gas natural al sector automotriz. Se aprovechó la experiencia de algunos países a nivel mundial como Italia, Nueva Zelanda, Canadá, Holanda, Rusia y Argentina entre otros, quienes han desarrollado programas similares de sustitución de combustibles. A continuación se hace una reseña de la situación actual del GNCV en el mundo.

En el ámbito mundial existen más de 2'500.000 vehículos liderados por la Argentina seguidos por Rusia, EEUU, Canadá, Nueva Zelanda e Italia.

Más de 42 tipos de vehículos utilizando el sistema GNV (Ford, GM, Hyundai, Renault, Iveco, Honda, Volvo, BMW, Mercedes, entre otros)

#### **1.4 DESARROLLO DEL GNCV EN COLOMBIA**

Desde 1984 la Empresa Colombiana de Petróleos, ECOPETROL, en la refinería de Cartagena, comenzó a realizar los primeros estudios para el desarrollo del proyecto de sustitución de combustibles líquidos por el gas natural en el sector transporte, buscando la manera de brindar a los usuarios un elemento de mayor seguridad y economía en su manipulación, que además contribuyera a reducir los índices de contaminación ambiental y reemplazara en parte el volumen de gasolina importada con el consecuente ahorro de divisas para el país.

Sin embargo, es sólo en 1986 cuando el tema es abordado por PROMIGAS S.A., quien como empresa transportadora del gas proveniente de los yacimientos de Ballena y Chuchupa, en el departamento de la Guajira, y motivados por la idea de llevar los beneficios del gas natural a un sector importante de la economía como lo es el del transporte urbano, decide dar el impulso inicial para la construcción de las primeras estaciones de servicio y la conversión de los primeros vehículos para que operen con este combustible, lo que le permitía además, aprovechar la infraestructura de transporte (gasoductos) construida a la fecha, incrementar los volúmenes del gas transportado y diversificar su portafolio de productos, toda vez que los buenos resultados y la experiencia que a nivel mundial se había dado en este tipo de proyectos, lo convertían en una buena oportunidad de negocio.

Durante los dos primeros años del proyecto, se desarrollaron básicamente las actividades de ensayos y pruebas de diferentes tecnologías aplicadas tanto a las estaciones de servicio encargadas de la venta del GNCV como a los equipos de conversión instalados en los vehículos. Esta etapa fue la más difícil pues su objetivo fundamental fue generar un cambio de cultura de los diferentes personajes que participan en el proceso de toma de decisiones para la selección de un combustible adecuado para un vehículo específico, a saber, en forma directa: propietario, conductor, mecánico; e indirectamente: ensambladores, concesionarios de vehículos, almacenes de autopartes, talleres de reparación de motores, rectificadoras, distribuidores de combustibles líquidos, etc.

Las primeras estaciones de servicio y talleres de conversión montados en Colombia fueron instalados por PROMIGAS en las ciudades de Barranquilla y Cartagena, las cuales sirvieron para demostrar durante el desarrollo de la primera etapa de implantación tecnológica dentro del mercado colombiano, los beneficios de utilización del GNCV, como combustible automotor. Para esa misma época fue montada en la ciudad de Neiva por Alcanos del Huila y Neivana de Gas, otra estación de servicio de GNCV, la cual opera actualmente atendiendo un mercado local.

Tecnología de conversión inadecuada. Se debe contar con el soporte técnico de los fabricantes de los equipos con experiencia amplia en la aplicación específica de la tecnología en el mercado a convertir.

Disponibilidad de gas en las estaciones de servicio. Los equipos de las estaciones de servicio deben otorgar garantía de operación continua pues fallas en la prestación de este servicio, destruyen la imagen del producto.

Estos aspectos generaron en un comienzo incertidumbre en el sector por la utilización del GNCV como combustible automotor, pues durante este periodo se presentaron daños en los motores de algunos vehículos donde siempre el GNCV era responsabilizado de tales fallas. Sin embargo, las bondades del combustible (economía, eficiencia y seguridad) y el adecuado manejo de las objeciones técnicas del mercado, permitieron establecer las bases técnicas suficientes para pensar en un crecimiento del proyecto.

Una vez definidos los aspectos técnicos tanto de los equipos, como de los vehículos a convertir y las mismas estaciones de servicio, era necesario romper el círculo entre la oferta y la demanda del mercado, y la única forma de hacerlo era montando estaciones de servicio que le garantizaran a los usuarios la disponibilidad de GNCV en diferentes puntos de la ciudad, facilitando además la decisión de cambio a esta alternativa energética.

Las dificultades que se presentaron en esta etapa, ya no hacían referencia a la calidad de los equipos de conversión ni a la disponibilidad de gas en las estaciones de servicio, ni a la operación de los vehículos convertidos, temas que ya habían sido solucionados. Las inquietudes de los usuarios se centraban en temas más comerciales, tales como:

- Altos costos de los equipos de conversión.
- Pocas líneas de financiación para la conversión de los vehículos.
- Autonomía limitada en GNCV por la ubicación de Estaciones de Servicio.

A esta altura, año 1994, se puede decir que el GNCV en Colombia había obtenido el merecido reconocimiento como un combustible alternativo sustituto de la gasolina en los motores de los vehículos del segmento de transporte público urbano en las ciudades de la Costa Atlántica y, de acuerdo a los excelentes resultados obtenidos a la fecha en las pruebas realizadas en buses a nivel de Bogotá, se concluía que como producto estaba listo para afrontar el reto de penetrar en un mercado nacional, pues existía un conocimiento adecuado de la tecnología, un mercado desarrollado, una cultura del GNCV creada y un mercado potencial con altas expectativas al respecto.

Sólo faltaba el decidido apoyo del Gobierno y la definición de las reglas de juego para que los diferentes actores de la cadena de servicio: Estaciones de servicio, Talleres de Conversión, Distribuidores de Tecnología y Financiadores, conocieran y se acoplaran a los diferentes alcances y a la magnitud del negocio.

Con la puesta en marcha del Plan de Masificación del Gas Natural como política de Gobierno y amparados en uno de sus principales objetivos, el de sustituir energéticos más costosos en diferentes sectores de consumo, así: energía eléctrica, gas propano y leña en el sector residencial, fuel oil en la generación eléctrica, diesel, fuel oil y otros similares en la industria y gasolina en los vehículos automotores, las diferentes autoridades gubernamentales que de una u otra forma tienen incidencia en el tema, se alinean y sincronizan con un solo objetivo: Crear las condiciones técnicas, comerciales y financieras apropiadas para desarrollar el mercado del GNCV a nivel nacional y en especial en las principales ciudades del país.

A partir del año 1996 se clarifican entre los diferentes organismos del Gobierno algunas competencias relacionadas con la responsabilidad sobre la definición de precios, establecimiento del marco regulatorio, organismos de control y vigilancia, responsabilidades ante los usuarios del servicio, se diseñan las primeras normas técnicas relacionadas con el tema de cilindros de GNCV y en términos generales, se dan señales claras hacia los inversionistas y hacia el mismo mercado, en que el Gobierno ofrece un apoyo decidido a la utilización del GNCV como combustible automotor.

Recientemente, y con el decidido apoyo de las empresas productoras, transportadoras y distribuidoras de gas natural, y con el concurso de diferentes fabricantes y distribuidores de reconocidas marcas a nivel mundial de equipos de conversión, cilindros de almacenamiento, compresores y surtidores para estaciones de servicio, se han establecido acuerdos con las empresas comercializadoras de GNCV para que se desarrollen este tipo de proyectos en aquellas ciudades del país donde es posible entregar este producto, entre las cuales se pueden mencionar: Armenia, Bucaramanga, Cali y Medellín, ciudades que hoy cuentan con las infraestructuras de servicio (Estaciones y Talleres) necesarias para que los transportadores de cada región puedan recibir en forma directa los beneficios que el GNCV ofrece.

El camino recorrido por el GNCV en Colombia no ha sido fácil, pues los esfuerzos financieros iniciales y los riesgos comerciales fueron bastante altos, pero hoy, las empresas que han contribuido a este logro, pueden sentirse orgullosas de su gestión y seguras de que la historia del GNCV en Colombia apenas empieza a escribirse.

En la actualidad se distribuye G.N.C.V a través de una red de mas de 71 estaciones de servicio, que abastecen aproximadamente a mas de 37.487 vehículos convertidos (ver Anexo 7 Tabla 7.1), y que se encuentran distribuidas en Barranquilla con 19 estaciones, Cartagena con 6 estaciones, Santa Marta con 2 estaciones y con una estación por ciudad en Sincelejo, Montería, y Santa fe de Bogotá con 27 estaciones (ver Anexo 7 Tabla 7.2).

## **1.5 ESTADO DE DESARROLLO DEL GAS NATURAL COMPRIMIDO**

El programa de GNCV en Colombia se encuentra aún en el ciclo de desarrollo, en donde se busca a través de la oferta de Estaciones de Servicio poder consolidarlo como una alternativa económica, segura y confiable.

### **1.5.1 Análisis de la industria y del mercado**

En Colombia, el sector de la energía tiene hoy en día un doble carácter estratégico, tanto desde el punto de vista de las expectativas de crecimiento económico, como del abastecimiento de las demandas intermedias y finales de energía que se requieren para mantener y consolidar dicho crecimiento y mejorar los niveles de bienestar de toda la población.

En la evolución del consumo final de energía se tiene una mayoritaria participación de los derivados del petróleo, la electricidad y la biomasa, pero el recurso de más acelerado crecimiento reciente en el consumo ha sido el gas natural. El consumo de energía se concentra en los sectores transporte, industrial y residencial; sin embargo, el sector transporte constituye el principal consumidor de energía del país. En razón de la concentración del servicio de transporte en el modo carretero o automotor, el consumo de energía mayoritario corresponde a gasolina motor y Diesel Oil (ACPM). En estudios realizados por la UPME se ha logrado identificar que el subsector transporte particular constituye el principal consumidor de gasolina (46%), seguido por el transporte público (33%) y el de carga (14%). Para el caso del Diesel, el transporte de carga concentra el 62.3% del consumo, seguido por el transporte masivo (17.6%).

Los estudios realizados consideran que el país debía fundamentar inicialmente el programa de sustitución de combustibles en el transporte urbano de pasajeros y carga en el GNCV. Entre otros factores se tienen en cuenta su mayor disponibilidad, seguridad para los usuarios, niveles de calidad adecuada y estable, menor impacto ambiental y la tendencia mundial de su uso, soportada por los desarrollos tecnológicos que aumentan la eficacia de su utilización. La infraestructura de transporte de gas facilita la puesta en marcha del programa.

Considerando la información oficial de la Vicepresidencia de comercialización de gas de ECOPETROL, el nivel de reservas remanentes de gas natural a 31 de Diciembre del 2002 ascendía a 7.188 GPC; de los cuales 4225 GPC son gas comercializable y los restantes 2962 GPC se encuentran sin esquema de comercialización.

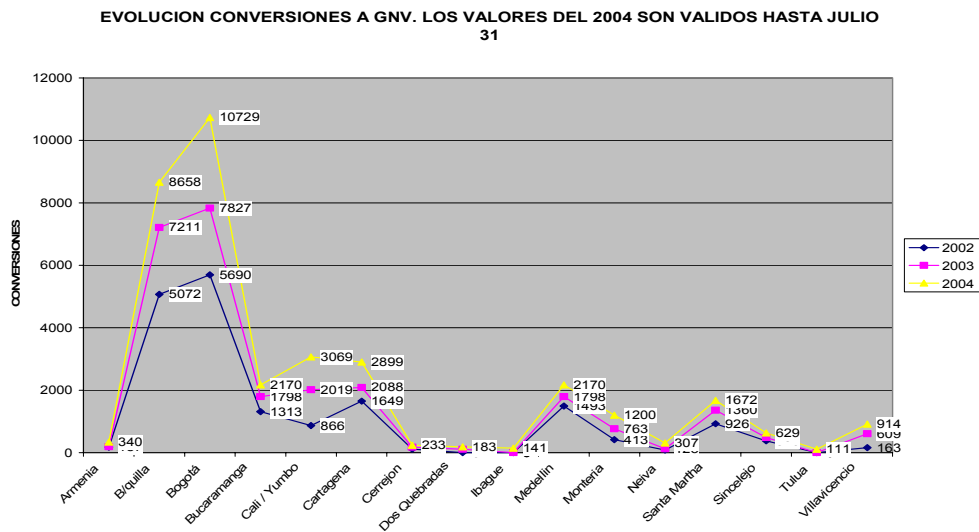
El Plan Energético Nacional recomienda que el programa de sustitución se inicie con un piloto desarrollado por el sector privado, con el compromiso y apoyo institucional del Estado. Un programa de GNCV aplicado a 84100 vehículos en cinco años, implicaría un consumo de aproximadamente 120 MPCD y reduciría 23000 BPD del consumo de gasolina, con una inversión total en estaciones y vehículos del orden de US\$ 460 millones.

El lanzamiento oficial del programa se llevó a cabo a finales del año 1999, en donde el Gobierno nacional hizo público su decidido apoyo al proyecto de sustitución de los combustibles tradicionales de alto costo por gas natural comprimido en el sector transporte, respondiendo de esta manera al esfuerzo que hace el sector privado en proveer la infraestructura que equilibre la oferta para la demanda esperada.

### 1.5.2 Análisis de Clientes

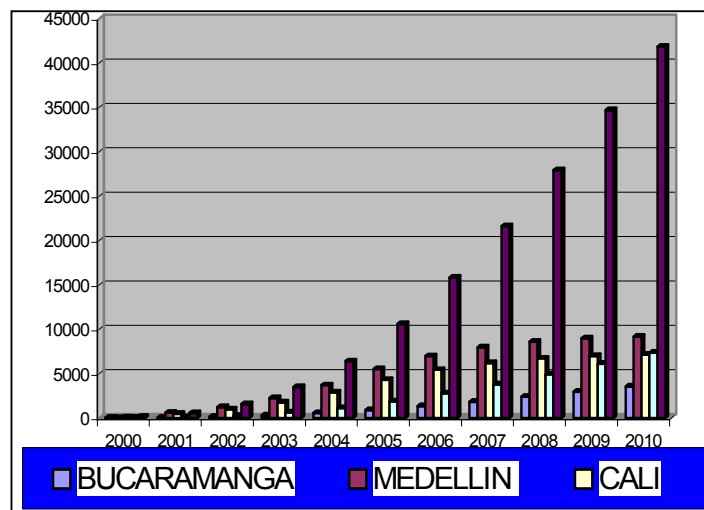
El transporte público urbano y suburbano con jornadas cortas y específicas constituye el mercado inmediato para expandir el programa de GNV.

**Figura 1.1** Evolución Conversión Vehículos a 2004

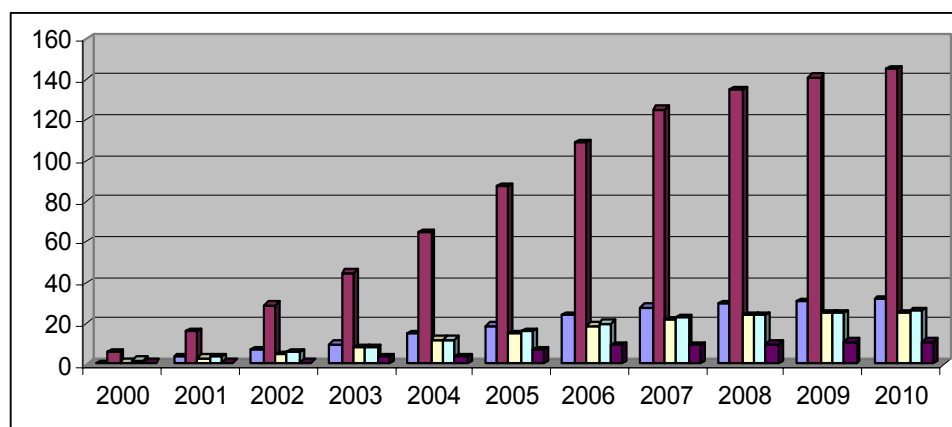


Fuente: Revista vehicular # 16 Julio 2004.

**Figura 1.2** Evolución proyectada Conversión Vehículos



**Figura 1.3** Evolución Proyectada Estaciones de GNCV.



De acuerdo con las proyecciones realizadas por el Ministerio de Transporte, el transportador - en cualquiera de las categorías anteriores - puede ahorrarse entre un 15% y un 50% de sus costos relacionados con combustible sólo con convertir su vehículo de gasolina a uno de sistema dual. Igualmente se presentan ahorros importantes en términos del mantenimiento de los motores. Así pues, el ahorro constituye el principal factor motivacional para las conversiones a GNCV.

## 1.6 Mercado potencial convertible

**Tabla 1.1** Potencial Convertible Gas Natural Comprimido Vehicular

| Ciudad       | Parque Automotor | Convertible    | % Vehículos convertibles vs. total | Buses         | Taxis          |
|--------------|------------------|----------------|------------------------------------|---------------|----------------|
| Bogota       | 84.661           | 73.887         | 87.27 %                            | 6.302         | 67.585         |
| Medellín     | 41.295           | 19.452         | 47.10 %                            | 5.822         | 13.630         |
| Cali         | 22.414           | 7.200          | 32.12 %                            | 867           | 6.333          |
| Bucaramanga  | 11.433           | 2.897          | 25.34 %                            | 433           | 2.464          |
| Cúcuta       | 8.014            | 3.232          | 40.33 %                            | 824           | 2.408          |
| Pereira      | 5.711            | 2.303          | 40.33 %                            | 587           | 1.716          |
| Manizales    | 5.919            | 2.386          | 40.31 %                            | 608           | 1.778          |
| Ibagué       | 5.837            | 2.354          | 40.33 %                            | 600           | 1754           |
| Pasto        | 4.231            | 1.706          | 40.32 %                            | 435           | 1.271          |
| Otras        | 15.411           | 6.213          | 40.32 %                            | 1.583         | 4.630          |
| <b>Total</b> | <b>204.926</b>   | <b>121.630</b> |                                    | <b>18.061</b> | <b>103.569</b> |

**Figura 1.4** Potencial Convertible en el servicio público



## 1.7 Análisis de la Competencia

Es importante definir el efecto directo que tienen sobre el programa los combustibles tradicionales como la gasolina o el diesel, así como los gases licuados del petróleo:

### 1.7.1 Gasolina

**Tabla 1.2** Ventajas y desventajas del uso de GNCV.

| VENTAJAS                                                                                                        |                                                                                                      | DESVENTAJAS                                                  |                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ASPECTOS ECONÓMICOS</b>                                                                                      |                                                                                                      |                                                              |                                                                                                                                     |
| Para el usuario<br>Se logran ahorros entre el 50 y 70% en costo de combustible.                                 | Para el país ahorro en divisas al reemplazar gasolina importada                                      |                                                              |                                                                                                                                     |
| <b>ASPECTOS AMBIENTALES</b>                                                                                     |                                                                                                      |                                                              |                                                                                                                                     |
| Se reduce drásticamente la contaminación ambiental (HC y CO)                                                    |                                                                                                      |                                                              |                                                                                                                                     |
| <b>ASPECTOS TÉCNICOS</b>                                                                                        |                                                                                                      |                                                              |                                                                                                                                     |
| OPERACIÓN<br>Elimina el problema de golpeteo.<br>Mejor arranque en frío.<br>Doble disponibilidad de combustible | MANTENIMIENTO<br>Menor desgaste del motor.<br>Combustión más limpia.<br>Mayor durabilidad del aceite | OPERACIÓN<br>Pérdida de potencia del motor entre el 10 y 15% | mantenimiento<br>Espacio ocupado por cilindros.<br>Peso de los cilindros.<br>Localización restringida de las estaciones de servicio |
| <b>DISEÑO</b>                                                                                                   |                                                                                                      |                                                              |                                                                                                                                     |
| Es un combustible seguro.<br>Permite usar mayores relaciones de compresión.                                     |                                                                                                      |                                                              |                                                                                                                                     |

**Tabla 1.3** Características comparativas de gasolina y GNCV.

| <b>CARACTERÍSTICAS COMPARATIVAS<br/>GASOLINA Y GNCV</b> |                |                                             |
|---------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------|
| PROPIEDADES                                             | GASOLINA       | G.N.C.V.                                    |
| Fórmula                                                 | Variable *     | 80 % en volumen como CH <sub>4</sub> aprox. |
| Número de octanos                                       | 80             | 130                                         |
| Densidad                                                | 6.16 lb/gal    | 0.05146 lb/pie <sup>3</sup>                 |
| Poder Calorífico (BTU/lbs)                              | 20000          | 21300                                       |
| Gravedad específica                                     | 0.74 **        | 0.6 ***                                     |
| Rango de inflamabilidad (% en el aire)                  | 0.6 – 0.8      | 5 – 15                                      |
| Temperatura de auto ignición                            | 465 °F (257°C) | 1202 °F (650 °C)                            |
| Relación aire-combustible Estequiométrica:              |                |                                             |
| En peso                                                 | 14.7           | 17.2                                        |
| En volumen                                              | 45.8           | 9.6                                         |

Fuente: Instituto Colombiano del Petróleo. Proyecto de Gas Natural Comprimido para vehículos en la ciudad de Bogotá. Ing. Horacio Gamboa, Octubre 1995

\* Mezcla de diversos componentes

\*\* Relativo al agua

\*\*\* Relativo al aire

### **1.7.2 Efecto ambiental**

El GNCV produce, respecto a la gasolina, un 84% menos de emisiones de hidrocarburos reactivos, 92% menos de emisiones de Monóxido de Carbono y 70% menos de emisiones de Oxido de Nitrógeno; mientras que el GLP produce, respecto a la gasolina, un 76% menos de emisiones de hidrocarburos reactivos, 88% menos de emisiones de Monóxido de Carbono, y 41% menos de Oxido de Nitrógeno.

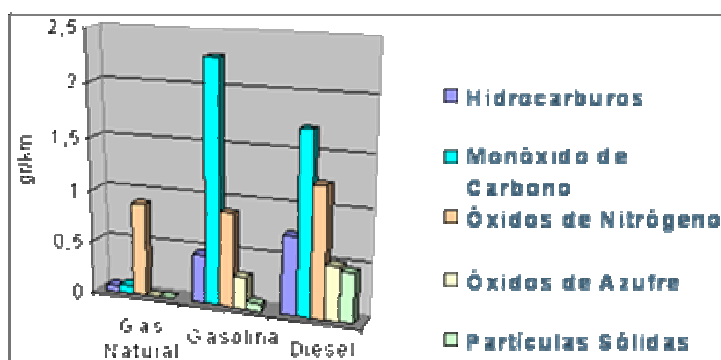
### **1.7.3 Disponibilidad**

El gas natural actualmente constituye uno de los recursos con más alta disponibilidad en el país ; además dentro del Plan de Masificación del Gas se contempla promover aún más el consumo del GNCV, gestando sociedades entre los distribuidores de combustibles y de gas natural.

**Figura 1.5** Comparativo Beneficios Combustibles Alternativos

|                                   |             | Ahorro en combustible | Ahorro en mantenimiento | Suministro | Limpieza |
|-----------------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------|------------|----------|
| Alta<br>Media<br>Baja<br>Muy baja | Gas natural | 😊                     | 😊                       | 😊          | 😊        |
|                                   | Gasolina    | 😞                     | 😞                       | 😞          | 😞        |
|                                   | GLP         | 😊                     | 😊                       | 😞          | 😊        |
|                                   | Diesel      | 😊                     | 😞                       | 😞          | 😞        |

**Figura 1.6** Comparativo Emisiones Combustibles Automotores



**Tabla 1.4** Comparativo Emisiones Fuentes Fijas y Móviles

| Fuente                  | Partículas sólidas | Oxido de Azufre (SO) | Oxido de Nitrógeno (NOx) | Hidrocarburos | Monóxido de carbono | Total     |
|-------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------|---------------------|-----------|
| Fijas (Ton / año)       | 26.860             | 25.932               | 5.570                    | 333           | 580                 | 59.275    |
| % Fijas / Total         | 78.80 %            | 85.78 %              | 15.78 %                  | 0.36 %        | 0.05 %              | 42        |
| Móviles(Ton / año)      | 7.190              | 4.298                | 29.738                   | 91.620        | 1.211.670           | 1.344.516 |
| % Móviles / Total       | 21.12 %            | 14.22 %              | 84.22 %                  | 99.64 %       | 99.95 %             | 95.8      |
| Total                   | 34.050             | 30.230               | 35.308                   | 91.953        | 1.212.250           | 1.403.791 |
| % Contaminación / Total | 2.43 %             | 2.15 %               | 2,52 %                   | 6,55 %        | 86,36 %             | 100 %     |

**Fuente:** DAMA / Agencia de cooperación Internacional del Japón – JAICA  
 Datos a 1992.

## 1.8 Principales problemas

- Utilización del diesel
- Uso ilegal del GLP
- Alto costo del transporte de gas natural
- Alto costo de la conversión
- Elevado nivel de inversiones en estaciones

- Sobre peso y reducción de espacio en los vehículos
- Pérdida de potencia de los vehículos
- Miedo al gas natural en vehículos
- Faltan estaciones de servicio.

### **1.9 Aspectos claves del programa**

- Garantizar la oferta de gas natural
- Financiación de inversiones
- Garantizar fuentes de recursos
- Compromiso de los distribuidores de combustibles
- Compromiso de los transportadores
- Compromiso y apoyo del gobierno
- Capacitación

### **1.10 MARCO NORMATIVO, LEGAL Y AMBIENTAL**

#### **1.10.1 Marco normativo y legal**

Se presenta a continuación una reseña del marco normativo y legal en que se desarrolla este tipo de proyectos relacionados con Estaciones de Servicio de GNCV (Leyes, reglamentos, decretos, acuerdos, planes de desarrollo y de ordenamiento territorial, disponibilidades de servicios, (permisos, certificaciones, conceptos institucionales y otros).

Se toman en cuenta todos los lineamientos del Ministerio de Minas y Energía, CREG, Medio Ambiente, toda la normatividad vigente y pertinente tanto para la construcción y operación del sistema de suministro de gas (gasoducto de aproximación) como para la construcción y operación de la Unidad de GNCV; y su desarrollo equilibrado con el medio Ambiente en que se construirá.

El proyecto a desarrollar se ajusta a todos los requerimientos establecidos por el marco legislativo y normativo que rige para este tipo de obras. El cumplimiento de estos parámetros, garantiza la ejecución y operación segura y eficiente del gasoducto de aproximación y de la unidad de GNCV, a la vez que minimiza la afectación del entorno, incluidos personas y bienes.

La legislación aplicable a los proyectos de distribución de gas natural está enmarcada en cuatro grandes bloques normativos a saber:

- La Constitución Política Nacional.
- Las Leyes del Congreso de la República y decretos con fuerza de ley y decretos ley del Gobierno Nacional.
- Las regulaciones y requerimientos específicos para los trámites ambientales ante las autoridades competentes.
- La normatividad y los acuerdos locales y regionales vigentes

#### **1.10.2 Marco Jurídico Asociado con Proyectos de Distribución de Gas Natural**

#### 1.10.2.1 Regulatorio

- **Ley 142 de 1994** Ley de servicios públicos Domiciliarios.
- **Res CREG 067 – 1995** Por la cual se establece el código de distribución de gas natural por red.
- **Res CREG 057 – 1996** Por la cual se establece el régimen tarifario para distribución de gas natural por red.
- **Res CREG 045 – 2002** Por la cual se establece la metodología de calculo y ajuste para la determinación de la tasa de retorno que se utilizara en las formas tarifarias de la actividad de distribución de gas combustible por redes para el próximo periodo tarifario.
- **Res CREG 072 – 2002** Por la cual se establece la metodología para clasificar las personas prestadoras de los servicios públicos de acuerdo con el nivel de riesgo y se definen los criterios, metodologías, indicadores, parámetros y modelos de carácter obligatorio que permiten evaluar su gestión y resultados.
- **Res CREG 011 – 2003** Por la cual se establecen los criterios generales para remunerar las actividades de distribución y comercialización de gas combustible y las formulas generales para la prestación del servicio publico domiciliario de distribución de gas combustible por redes de tubería.

#### 1.10.2.2 Ambiental

- **LEY 99 de 1993** Crea el ministerio del Medio Ambiente y organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA).
- **DECRETO 1753 de 1994** Sobre licencias ambientales. Art. 35 sobre modificación de licencias.
- **DECRETO 1728 de 2002** Por el cual se reglamenta el titulo VIII de la Ley 99 de 1993 sobre la licencia ambiental.
- **DECRETO 1180 de 2003** Por el cual se reglamenta el titulo VIII de la Ley 99 de 1993 sobre la licencia ambiental.

#### 1.10.2.3 Marco Regulatorio Existente

- **Resolución 8-0582 de abril de 1996** Min-minas: Se define el marco regulatorio.
- **Resolución 8-1343 de Julio de 1998:**El Min-Minas reasume la autorización para la construcción de EDS de GNV.
- **Resolución 8-2035 de Abril de 1995 y 8-0372 de abril de 2000.** (Derogada): Define el precio del GN = 60% valor de la gasolina.
- **Resolución 8-0004 de Enero de 2000:** El Min-minas delega al DGH la autorización para el funcionamiento de las EDS y de los talleres.
- **Resolución 8-0296 de Marzo 5 de 2001:** Liberación del precio del GNV.
- **Resoluciones Min-transporte 5444 y 7909 del 2001:** Repotenciación de vehículos y SUIC.
- **Resolución 1605 de junio de 2002-** Min-minas: Nuevo marco regulatorio.
- **Resolución Min-transporte 7909 del 28 de septiembre de 2001,** su propósito consiste en establecer las medidas tendientes a garantizar la seguridad en los vehículos convertidos o dedicados a GNCV.

#### 1.10.2.4 Normatividad legal para proyectos de distribución de gas combustible vehicular

- **Resolución 05227 De 1990** Por la cual se delega la función de verificar la calibración y funcionamiento de surtidores de combustibles. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA)
- **Decreto 283 De 1990** Artículo 5: Trámite para la aprobación de planos de estaciones de servicio. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA)
- **Decreto 283-353 De 1991** Instalaciones sanitarias en estaciones de servicio de combustibles líquidos, mixtas o de GNC. (ministerio de minas y energía)
- **Decreto 1677 De 1992** NORMA NFPA 30. Ubicación y emplazamiento de Estaciones de Servicio Mixtas o de GNC. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA)
- **Decreto 400 De 1994** Por el cual se asignan funciones al Ministerio de Transporte. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA)
- **Resolución 002025 De 1994** Se reglamenta el registro de transporte para los vehículos motorizados y no motorizados, destinados al transporte de gas propano (GLP) y gas natural comprimido (GNC); se establece un procedimiento y se adoptan unas formatos. (MINISTERIO DE TRANSPORTE)
- **Resolución 8-0582 De Abril De 1996** Se define el Marco Regulatorio. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA)
- **Resolución 8-1343 De Julio De 1998** El Min-Minas reasume la autorización para la construcción de EDS de GN. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA)
- **DECRETO 1521 DE 1998** Reglamenta el almacenamiento, manejo, Transporte y distribución de Combustibles Líquidos Derivados del Petróleo para Estaciones de Servicio. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA)
- **RESOLUCION 008 DE 1998** Por la cual se determina el régimen para el Gas Natural Comprimido. (CREG)
- **RESOLUCIÓN 8-0004 DE ENERO DE 2000** El Min-minas delega al DGH la autorización para el funcionamiento de las EDS y de los talleres. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA)
- **RESOLUCIÓN 8-2035 DE ABRIL DE 1995 Y 8-0372 DE ABRIL DE 2000. (DEROGADA)** Define el precio del GN = 60% valor de la gasolina. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA)
- **RESOLUCIONES 5444 Y 7909 DEL 2001** Repotenciación de vehículos y SUIC. (MINISTERIO DE TRANSPORTE)
- **RESOLUCIÓN 8-0296 DE MARZO 5 DE 2001** Liberación del precio del GNV. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA)

Además de la Legislación Vigente, se debe tener en cuenta toda la normatividad vigente y pertinente tanto para las estaciones de servicio, talleres de conversión, equipos de conversión, construcción del sistema de distribución como para la operación del mismo y su desarrollo equilibrado con el medio Ambiente en que se construirá.

#### 1.10.3 Normas técnicas Colombianas relacionadas con GNCV<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Manual ICONTEC

### **1.10.3.1 Para las estaciones de servicio**

- **NTC 4820**

Estaciones de Servicio para Vehículos que utilizan gas natural comprimido como combustible

- **END 0024**

Calidad del Gas Natural comprimido para Uso vehicular

- **END 0025**

Sistemas de Medición de gas natural comprimido para uso vehicular.

- **END 0026**

Requisitos de Instalación, Operación y Mantenimiento de Compresores para Estaciones de Servicio de Gas Natural Comprimido.

- **END 0027**

Mangueras para Llenado de Gas Natural Comprimido Vehicular

- **ANSI/ AGA/ CGA NGV1**

"COMPRESSED NATURAL GAS VEHICLE FUELLING CONNECTION". Mangueras y boquillas de llenado de surtidores.

- **ICONTEC 2050**

Instalaciones Eléctricas

- **NTC 1461**

Colores Y Señales de Seguridad

- **NTC 3229**

Cajas de salida y accesorios que se utilizan en sitios clasificados como de alto riesgo.

- **NTC 3847**

Cilindros Para Gas Natural Comprimido utilizado como combustible Automotor

- **NTC 3949**

Construcción de la Estación de Regulación de Presión para redes de transporte y Distribución de gas combustible.

#### **1.10.3.2 Para los Talleres de conversión.**

- **NTC 4822**

Talleres para vehículos que utilizan gas natural comprimido

#### **1.10.3.3 Para los Equipos de conversión.**

- **NTC 4300**

Componentes del Sistema de Combustible para Vehículos que funcionan con Gas Natural Comprimido.

- **NTC 4821**

Instalación de Componentes del Equipo completo para Vehículos con funcionamiento dedicado de GNC o Dual Gasolina – GNC.

- **SERIE NTC 4830**

Componentes del Sistema de Combustible para Vehículos que funcionan con gas natural comprimido

- **NTC 4824**

Conectores de llenado para vehículos que funcionan con gas natural comprimido.

- **NTC 4823**

Sistemas de llenado de gas natural comprimido vehicular.

#### **1.10.3.4 Otras normas**

- **NTC 3728 Primera revisión**

Fecha de ratificación 01 – 11 - 28

Líneas de transporte y redes de distribución de gas.

Establece los requisitos que deben cumplir las líneas de transporte y las redes de distribución de gases combustibles, en cuanto al diseño, materiales, construcción, verificación y pruebas, condiciones de operación y exigencias relativas al mantenimiento y control de la corrosión.

- **NTC 3838 Segunda revisión**

Fecha de ratificación 02 – 12 – 13

Presiones de operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles.

- **NTC 3949 Primera revisión**

Fecha de ratificación 02 – 12 – 13

Estaciones de regulación de presión para líneas de transporte y redes de distribución de gas combustible.

- **NTC 4991**

Fecha de ratificación 01 – 10 – 31

Soldadura de líneas de tubería para transporte de gas y petróleo y de instalaciones relacionadas. Trata acerca de la soldadura con gas combustible y con arco eléctrico de soldaduras a tope, de filete y soldadura embonada en tuberías de acero al carbono y de baja aleación usadas en la compresión, bombeo y transmisión de petróleo crudo, productos del petróleo, gases combustibles, dióxido de carbono y nitrógeno y donde sea posible cubre soldaduras en sistemas de distribución.

#### **1.10.4 MARCO JURÍDICO AMBIENTAL**

El ordenamiento jurídico ambiental del país se desprende de la Constitución Política de 1991, en la cual se establecen las obligaciones del Estado y los ciudadanos en la protección de las riquezas naturales y culturales de la Nación, también hace referencia a la participación ciudadana en las decisiones ambientales de los proyectos (Artículos 1, 2, 3, 7, 8, 20, 23, 40, 49, 55, 72, 74, 78, 79, 80, 81, 82, 86, 87, 88, 95, 330, 333 y 334).

La Ley 99 de 1993, crea el Ministerio del Medio Ambiente y define la organización del Sistema Nacional Ambiental SINA, fijando la licencia ambiental como instrumento de planificación y gestión ambiental de los proyectos; mediante el Decreto 1753 de 1994 y la Resolución 655/961 se reglamenta la licencia ambiental, señalando por ejemplo, las modalidades, las competencias y los procedimientos, entre otros apartes.

#### **1.10.5 Normatividad general**

A continuación se relacionan las normas de carácter general aplicables a proyectos de distribución de GNCV. Si bien en la siguiente relación no se incluye la totalidad de la normatividad ambiental, no se exime de su cumplimiento.

#### **1.10.6 Comunidades Y Participación Ciudadana**

- **Ley 21 De 1991** Pueblos indígenas.
- **Ley 70 De 1993** Protección de la identidad cultural y derecho de las comunidades negras.
- **Ley 34 De 1994** Participación ciudadana.
- **Decreto 1320 De 1998** Reglamenta la consulta previa con las comunidades indígenas y negras para la explotación de los recursos naturales en su territorio.

#### **1.10.7 Espacio Publico**

- **Ley 9 De 1989 Artículo 8:** Defensa del espacio publico.
- **Decreto 1504 de 1998** Reglamentación del espacio publico en los planes de ordenamiento territorial.

#### **1.10.8 Flora Y Bosques**

- **Decreto Ley 2811 De 1974 Parte Viii:** Bosques, aprovechamientos forestales y reforestación.
- **Decreto 1791 De 1996** Régimen de aprovechamiento forestal (Min - ambiente).

#### **1.10.9 Paisaje**

- **Decreto 1715 De 1978** Protección del paisaje (Min-Agricultura).
- **Ley 140 de 1994.** Descontaminación visual y de integridad del medio ambiente (Congreso Nacional).

#### **1.10.10 Prevención De Desastres**

- **Decreto Ley 919 De 1989** Se organiza el sistema de Atención y Prevención de desastres.
- **Resolución 1016 De 1989** Reglamenta la organización y desarrollo de un plan de emergencia teniendo en cuenta tres ramas, preventiva, pasiva o estructural y activa o control de emergencia.
- **Decreto 1281 De 1994** Reglamenta las actividades de alto riesgo.

#### **1.10.11 Residuos**

- **Ley 9 De 1979** Código Sanitario Nacional: reglamentación para la generación manejo y disposición de residuos (Min-salud).
- **Resolución 2309 De 1986** Reglamentación para la generación y disposición de residuos especiales (Min-salud).
- **Resolución 541 De 1994** Reglamenta el cargue, descargue, transporte y disposición de escombros (Min- AMBIENTE).
- **Decreto 605 De 1996** Residuos sólidos (Min- DESARROLLO).
- **Ley 430 De 1998** Normas prohibitivas para desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones a nivel ambiental (Min- AMBIENTE).
- **Resolución 415 De 1998** Manejo y disposición de aceites usados (Min-AMBIENTE).

#### **1.10.12 Emisiones Atmosféricas**

- **Decreto 02 De 1982** Normas sobre aire (Min– SALUD)
- **Decreto 948 De 1995** Regula el otorgamiento de permisos de emisiones atmosféricas y ruido, los instrumentos y mediciones de control y el régimen de sanciones y participación ciudadana (Min- AMBIENTE).
- **Resolución 898 de 1995.** Combustibles líquidos y sólidos para hornos y calderas de uso comercial y motores de combustión interna de vehículos automotores (Min- AMBIENTE).
- **Resolución 1351 De 1995.** Informe de estado de emisiones (IE-1), sección cov's (Min- AMBIENTE).
- **Ley 306 De 1996** Protección de la capa de ozono (Congreso Nacional).
- **Resoluciones 005 Y 909 De 1996** Fuentes móviles terrestres (Min-AMBIENTE - Min- Transporte).

- **Resolución 619 De 1997** Emisiones atmosféricas fuentes fijas (Min-AMBIENTE).
- **Decreto 1697 1997.** Modifica parcialmente el Decreto 948/95.
- **Resolución 623 De 1998** Reglamenta la 898 de calidad de combustibles (Min-AMBIENTE).

#### **1.10.13 Agua**

- **Decreto Ley 2811 De 1974** Parte III: Aguas no marítimas y recursos hidrobiológicos.
- **Decreto 1449 De 1977** Franjas protectoras de nacimientos y cuerpos de agua (Min-AGRICULTURA).
- **Decreto 1541 De 1978** Concesiones de aguas superficiales y subterráneas, explotaciones de material de arrastre y ocupación de cauces (Min-AGRICULTURA).
- **Decreto 1594 De 1984** Vertimientos de residuos líquidos (Min- SALUD)
- **Decreto 901 De 1997** Tasas retributivas por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de vertimientos puntuales a cuerpos de agua (Min-AMBIENTE).
- **Ley 373 De 1996** Ahorro y uso eficiente del agua.
- **Resolución 3102 De 1997** Las licencias de construcción y urbanismo deberán considerar la utilización de equipos y sistemas con bajo consumo de agua (Min-DESARROLLO).
- **resolución 372 de 1998** Se fijan las tarifas mínimas para tasas retributivas por vertimientos (Min- AMBIENTE).

#### **1.10.14 Ruido**

- **Resolución 8321 de 1983** Control de emisiones de ruido previendo afectación de la salud y bienestar de las personas (Min-salud). Modificado por la Resolución 792 / 90 de Min-salud.

#### **1.10.15 Suelos**

- **Decreto ley 2811 de 1994** Parte VII: De la tierra y los suelos : del suelo agrícola y de los usos no agrícolas.

#### **1.10.16 Estaciones De Servicio**

- **Decreto 1521 de 1998** Almacenamiento, manejo y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo para estaciones de servicio.

## **2. CARACTERIZACION AMBIENTAL**

Una obra de desarrollo urbano como lo es una estación de servicio incluyendo las de GNC de uso vehicular, necesita de un Estudio de Impacto Ambiental que le de viabilidad a la construcción y operación de la misma.

Inicialmente el propietario del proyecto puede hacer una solicitud por escrito a la autoridad ambiental del municipio para que le expidan los Términos de Referencia para la elaboración del estudio ó presentarlo directamente con fundamento en términos de referencia genéricos, anexando la solicitud de licencia ambiental. En el Estudio de Impacto Ambiental debe describirse cada uno de los aspectos que están contenidos en los términos de referencia.

### **2.1 CRITERIOS AMBIENTALES**

El ordenamiento Jurídico Ambiental del país se desprende de la Constitución Política de 1991, en la cual se establecen las obligaciones del estado y los ciudadanos en la protección de las riquezas naturales y culturales de la nación, también hace referencia a la participación ciudadana en las decisiones ambientales de los proyectos.

La Ley 99 de 1993, crea el Ministerio del Medio Ambiente y define la organización del Sistema Nacional Ambiental, fijando la Licencia Ambiental como Instrumento de Planificación y Gestión Ambiental de los Proyectos (8).

#### **2.1.1 La Gestión Ambiental**

Para cumplir con los lineamientos estipulados en la ley 99 de 1993. Se elabora un estudio de Impacto Ambiental, El E.I.A incluye en su contenido:

- Síntesis del proyecto: Consideraciones generales sobre el proyecto a desarrollar, Quién desarrolla el proyecto, localización, actividades programadas, efectos ambientales previstos, proyección de operación etc.
- Marco legal y ambiental por el cual se rigen todas las actividades encaminadas a la ejecución del proyecto.
- Objetivo general y específico del proyecto y del Estudio de Impacto Ambiental.
- Descripción técnica del proyecto: características de diseño y urbanismo de la planta del proyecto, elemento a manejar (tipo de combustible y propiedades), equipos y materiales utilizados y sus especificaciones.
- Descripción del área de influencia del proyecto.
- Establecimiento de la línea base ambiental: caracterización del área de influencia del proyecto en cuanto a los componentes: Físico (geología, hidrología, vegetación, fauna etc), Atmosférico (calidad del aire, nivel de ruido, olor etc), Socio-económico (infraestructura de servicios, estratos, población circundante y futura, flujo vehicular, uso del suelo etc).
- Evaluación ambiental: Cualifica y cuantifica el grado de afectación negativa y positiva que genera el proyecto sobre los componentes anteriormente citados.

---

<sup>8</sup> Decreto 1753 de 1994- 1728 de 2002 – 1180 de 2003

- Plan de Manejo Ambiental: Descripción detallada de los impactos generados por el proyecto, junto con las medidas de mitigación, compensación, y/o corrección a tomar y los programas de manejo de los impactos.
- Plan de Contingencia: Análisis y evaluación de los riesgos que se pueden presentar durante las fases de construcción y operación del proyecto, evaluación de amenazas y factor de vulnerabilidad del entorno. Establecimiento de procedimientos operativos, equipos y sistemas de seguridad a instalar, y manual de funciones en caso de presentarse un siniestro.

## **2.2 LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS AMBIENTALES EN ESTACIONES DE SERVICIO.**

Para construcción de nuevas Estaciones de Servicio, se requiere de Estudios de Impacto Ambiental (E.I.A).

Los Estudios Ambientales permiten identificar factores, elementos, variables e indicadores que directa o indirectamente tienen que ver con la operación de las Estaciones de Servicio en la generación de posibles impactos. El análisis no se debe centrar solamente en la presentación de datos o cifras, sino que estos se deben interpretar buscando con ello elementos que permitan generar las recomendaciones necesarias para armonizar el proyecto con el entorno.

La obtención de la información sobre el área de estudio, requiere de métodos y procedimientos que deben incluirse en el E.I.A.

El E.I.A tiene como objetivo principal identificar y predecir los impactos sobre el ambiente y la salud pública que puede generar el proyecto, así como también interpretar y comunicar información sobre dichos impactos. Se ocupa por lo tanto de asegurar que los efectos ambientales, sociales y económicos sean identificados y evaluados en la fase de planeación del proyecto. El E.I.A. debe darse a conocer al contratista y hacerse cumplir en todo momento.

La legislación colombiana contempla clasificaciones de áreas dentro de la ciudad según su destino:

Máximo nivel de ruido zonas I (Residencial)  
 Horas diurnas (7:01 A.M a 9:00 P.M) es de 65 dB  
 Horas nocturnas (9:01 P.M a 7:00 A.M) es de 45 dB

Máximo nivel de ruido zonas II (Comercial)  
 Horas diurnas es de 70 dB  
 Horas nocturnas es de 60 dB

Máximo nivel de ruido zonas III (Industrial)  
 Horas diurnas y nocturnas es de 75 dB

Las instalaciones deben cumplir con los límites máximos permitidos para exposición de trabajadores (artículo 41 resolución 8321/83).

### **2.2.1 Objetivo General**

El objetivo general del estudio consiste precisar los efectos ambientales, predecir, identificar y describir los impactos ambientales, sociales y económicos significativos derivados de la “Construcción y Operación de una Unidad de Compresión y Distribución de Gas Natural Comprimido para Uso Vehicular”, con el propósito de definir medidas de prevención, mitigación, compensación y corrección de los impactos a través de la formulación de un manejo ambiental que permita obtener la Viabilidad Ambiental para desarrollar el proyecto.

### **2.2.2 Objetivos Específicos**

- Establecer las diferentes actividades involucradas en el diseño, construcción y operación del gasoducto de aproximación y de la unidad de GNCV, identificando las posibilidades de deterioro ambiental en el área para cada una de ellas. Caracterizar el entorno natural y humano enmarcado dentro del área de influencia directa del proyecto.
- Mediante la superposición del proyecto sobre el entorno natural y humano, evaluar la magnitud e importancia de cada uno de los impactos derivados de esta actividad.
- Formular las acciones de prevención, mitigación, compensación y corrección de los impactos con el fin de definir los lineamientos y costos de un plan de manejo ambiental.
- Describir, caracterizar y analizar el medio biótico, abiótico y socioeconómico, en el cual se pretende desarrollar el proyecto.
- Definir los ecosistemas que bajo el análisis ambiental realizado, a que hace referencia el numeral anterior, sean ambientalmente críticos, sensible y de importancia ambiental e identificar las áreas de manejo especial que deban ser excluidas, tratadas o manejadas de manera especial en el desarrollo del proyecto.
- Dimensionar y evaluar los impactos y efectos del proyecto, de manera que se establezca la gravedad de los mismos y las medidas y acciones para prevenirlas, controlarlas, mitigarlas, compensarlas y corregirlas.
- Diseñar los planes de prevención, mitigación, corrección, compensación de impactos y manejo ambiental a que haya lugar para desarrollar el proyecto.
- Estimar los costos y elaborar el cronograma de inversión y ejecución de las obras y acciones de manejo ambiental.
- Diseñar los sistemas de seguimiento y control ambiental que permitan al usuario evaluar el comportamiento, eficiencia y eficacia del plan de manejo ambiental.

## **2.3 IDENTIFICACION DE EFECTOS AMBIENTALES**

Durante toda la fase de construcción y operación de la unidad de GNCV se presentan una variedad de efectos ambientales que son tomados en cuenta para prevenir, minimizar, mitigar, evitar o reponer el efecto del impacto. Los efectos ambientales que frecuentemente se presentan durante la etapa de construcción del proyecto y en algunos casos en el desarrollo de la etapa de operación son:

### **2.3.1 Emisiones de Ruido**

Los taladros de perforación, los equipos de excavación y los vehículos encargados del transporte de material de relleno y /o escombros, son los equipos generadores de ruido para el proyecto. Los impactos sonoros son de interés durante las etapas de construcción y operación del proyecto. Los ruidos que se presentarán por parte del proyecto, están asociados a la operación de los diferentes equipos utilizados durante la rotura de calles y /o andenes, excavación, retiro de escombros, levantamiento de concreto y /o asfalto y demás operaciones de construcción del gasoducto de aproximación y de construcción y operación de la unidad de GNCV.

Durante la etapa operativa, el compresor incluido en la unidad de gas natural comprimido, es el equipo generador de ruido para el proyecto. Este posee un sistema de amortiguamiento interetapas cuyo fin precisamente es disminuir el movimiento vibratorio del compresor atenuando de esta forma el ruido producido por la operación del mismo.

El tiempo de operación promedio de llenado de un vehículo con capacidad de almacenamiento de 16 m<sup>3</sup> es de 2 – 3 minutos máximo (vehículos pequeños, taxis) y es equivalente al volumen de gas suministrado y por lo tanto al tiempo de trabajo efectivo del compresor.

Para minimizar este impacto se establecerán ciertas medidas de prevención y mitigación.

### **2.3.2 Emisión de gas por escapes a la atmósfera**

Las emisiones de gas producidas por el proyecto están asociadas con la fase de operación del gasoducto de aproximación y de la unidad de GNCV, debido a posibles fugas, producto de cualquier eventualidad que se pueda presentar como por ejemplo: fallas en las soldaduras de tubería y /o accesorios o fallas del material en el cuerpo de estos y fallas del gasoducto causadas por agentes externos.

Los equipos incluidos en la unidad poseen elementos para recoger el gas purgado del compresor y de las mangueras de despacho luego de su detención (tanque de recuperación o Blowdown). Además el sistema consta de una columna de venteo de 2 mt que puede ser prolongada según los requerimientos del entorno

### **2.3.3 Emisiones de Polvo y Material Particulado**

Este tipo de emisiones será molesto para algunos pobladores ubicados en el área de influencia directa del proyecto, debido a la generación de polvo al medio. El polvo y el material particulado son generados desde el momento de la apertura de zanjas hasta la reposición del área de trabajo; este periodo de emisión puede ser corto o prolongado dependiendo de los contratiempos que se presenten en el desarrollo del tendido del gasoducto de aproximación. Para prevenir los efectos generados sobre el medio se diseñan medidas dirigidas a prevenir y /o mitigar este impacto, estas tienen que ver con el cubrimiento del material de excavación y relleno al lado de la zanja, así como del material sobrante (escombros) transportado hasta el sitio de disposición de escombros definido por el municipio.

#### **2.3.4 Contaminación de Aguas**

Se puede generar por acción de las aguas de escorrentía producto de las aguas lluvias que contaminen cuerpos de agua donde puedan ser depositados o que con el tiempo puedan provocar bloqueos por depositación de sólidos en el trayecto del recorrido de las aguas negras por el alcantarillado. Para prevenir este efecto se colocará un plástico sobre los montículos de tierra que se ha sacado de la zanja y se dispondrán piedras, ladrillos o cualquier otro elemento que pueda actuar como “barrera”, evitando el arrastre del material acumulado.

#### **2.3.5 Descargas de aceite por condensación del gas**

Durante la etapa operativa, como producto de la condensación del gas en el compresor, se formarán pequeños residuos de aceite. El sistema incorpora un recipiente de acumulación de condensados con capacidad instalada de 10 lt, que debe ser evacuado periódicamente.

### **3. DISEÑO - DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTACION**

Para el dimensionamiento de una estación de Gas Natural Comprimido se hace necesario tomar en cuenta ciertos parámetros básicos y / o normas técnicas de construcción instalación y operación de todas las obras civiles y de los equipos utilizados en la estación.

El diseño involucra todos los equipos necesarios para el montaje de la estación de GNCV; incluye compresores, batería de almacenamiento, surtidores, elementos de medición y dispositivos de seguridad, además contempla la parte civil relacionada con islas de surtidores y recintos de equipos de compresión y almacenamiento, todo dentro del marco legal vigente ( Resolución 8-0582 de 1996 de Min-minas).

#### **3.1 CRITERIOS DE DISEÑO**

##### **3.1.1. Planeación Del Proyecto**

Es la etapa de concepción del proyecto durante la cual se define su viabilidad técnica, económica y ambiental.

La planeación del proyecto parte de definir su localización y facilidad de construcción, continuando con la elaboración de los estudios ambientales y técnicos y la posterior obtención de los respectivos permisos.

Los criterios básicos tomados en cuenta para la determinación de las características y la ubicación de la estación de servicio de GNCV proyectada fueron: Básicos, Urbanísticos y Ambientales.

A continuación se describen cada una de las anteriores etapas:

##### **3.1.2. Determinación del sitio para la estación de servicio de G.N.C.V.**

- Exclusiva para GNCV o mixta
- Nueva o para remodelar.
- Propia, arrendada, etc.
- En zona de ciudad o rural
- Privada o abierta al público

##### **3.1.3. Suministro de gas natural**

- Tipo de la red Primaria, secundaria, etc.
- Diámetro de la red.
- Origen del gas. Dedicado, asociado, etc.
- Proyecciones de crecimiento de la red
- Proyecciones de crecimiento de demanda.
- Calidad del gas

##### **3.1.4. Diseño preliminar arquitectónico**

- Áreas mínimas

- Retiros mínimos
- Ingresos, zona de islas, salidas
- Zona de compresores
- Zona de subestaciones
- Uso del suelo

#### **3.1.5. Comercial preliminar**

- Estudio de flujo vehicular
- Clasificación del parque automotor
- Competencia
- Análisis de precios
- Caracterización de los clientes
- Contratos de suministro
- Plan de mercadeo

#### **3.1.6. Inicio de construcción**

- Ubicación de la instalación de suministro de GNCV
- Solicitud para la construcción de la instalación para el suministro de GNCV
- Certificado de la oficina de Planeación Municipal
- Comunicación de la empresa que le proveerá los combustibles Potencial de vehículos y consumos proyectados para la estación
- Licencia de urbanismo o de construcción expedida por la autoridad competente. Cumplimiento de los requisitos ambientales vigentes.
- Título de propiedad del lote debidamente registrado.
- Matrícula profesional del ingeniero que diseña.
- Planos.

#### **3.1.7. Operación**

- Personal que opera la instalación
- Documentación obligatoria para operación
- Manual de Operación
- Manual de mantenimiento preventivo y correctivo
- Plan de contingencia
- Documentación utilizada para la legalización de las Instalaciones
- Libro de registro de intervenciones y novedades
- Póliza de responsabilidad civil extracontractual
- Actas de calibración y pruebas
- Fotocopia “ As Built “ del plano
- Programa de calibración de surtidores y medidores

#### **3.1.8. Selección de equipos**

- Levantamiento de información.
- Comparativo entre equipos.
- Análisis de ofertas.

- Proyecto EDS Exposiciones

### **3.1.9. Aspectos ambientales**

El predio deberá contar con redes de servicios públicos o en su defecto dentro del Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A) deberá incorporarse la información necesaria para la obtención de los permisos para el uso y aprovechamiento o afectación de recursos. Se indicará fuente de suministro de agua, sitio de vertimiento y biomasa a remover (si existiere).

No se recomienda la instalación de Estaciones de Servicio en las zonas definidas por las Autoridades Competentes y/ o identificadas dentro del E.I.A como sitios susceptibles a: deslizamientos, fenómenos de remoción en masa, zonas de falla activa, inundaciones u otros que pongan en riesgo la infraestructura física de la estación y la población circundante.

Si la estación se encuentra en cercanías a un cuerpo de agua, deberá determinarse los niveles de inundación con base en información hidrológica de la zona, o con base en un reconocimiento de campo de las bancas de ríos y niveles máximos de flujo de los cuerpos de agua.

### **3.1.10. Obtención de permisos y licencias**

Cumplidos los aspectos y criterios de localización y, una vez se tengan los diseños definitivos y distribución de los diferentes componentes de la estación, se debe adelantar el Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A). Terminada la elaboración del E.I.A. éste es presentado ante la Autoridad Ambiental Competente con el objeto de obtener la Licencia Ambiental. Igualmente, la Licencia debe contener los permisos de uso y aprovechamiento de recursos.

### **3.1.11. Otros requisitos generales**

- Las estaciones de servicio deben localizarse en cercanías a un gasoducto y en vías de tráfico intenso.
- Es esencial establecer el número de vehículos a los cuales se les prestará el servicio, o en su defecto establecer varias hipótesis que permitan determinar el mínimo número de vehículos que justifican la inversión.
- Uno de los factores que afectan significativamente los costos de inversión y de operación es la presión de suministro de la línea de gas, la cual puede variar NTC 3838:
  - De 5 a 100 psig (0.345 a 6.9 bares) para líneas secundarias y líneas de servicio.
  - De 275 a 1200 psig (19 a 82 bares) para líneas secundarias y líneas de transmisión.

Debe prestarse especial atención a los siguientes parámetros:

- Temperatura ambiente: temperaturas inferiores a -20 °F, deben utilizarse materiales especiales en la fabricación de los componentes de la estación y para temperaturas superiores a 104 °F es necesario instalar enfriamiento suplementario para asegurar el correcto funcionamiento de los compresores.

- Composición del gas: Altos porcentajes de compuestos de azufre requieren pre-tratamiento antes de la estación para eliminar los efectos corrosivos del gas. La presencia de hidrocarburos condensables pueden requerir separadores suplementarios para evitar la entrada de líquidos al compresor.
- Para un gas con alto nivel de humedad, se requiere instalar separadores aguas arriba de la estación de compresión.
- A bajas temperaturas ambiente deberá analizarse la posibilidad de instalar unidades de secado adicional.

### **3.2. CRITERIOS PARA LA LOCALIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE GNCV**

#### **3.2.1. Criterios básicos:**

- Consultar la reglamentación del Ministerio de Minas y Energía.
- Proximidad a una vía con alto flujo vehicular.
- Lugares estratégicos para suministro a futuras rutas de transporte masivo.
- Estaciones existentes de distribución de combustibles líquidos y además servicios (lavado. Montallantas, engrase, etc.).
- Ubicación de redes de distribución de gas.
- Disponibilidad de espacio para la construcción.

#### **3.2.2. Urbanísticos:**

- Usos del suelo. La instalación de sistemas y operación de sistemas de GNCV, ya sea en instalaciones existentes de combustibles líquidos o nuevas exclusivas a GNCV, se deben acoger a las reglamentaciones de los “Usos del suelo”.
- Licencia de construcción. La instalación del sistema GNCV, deberá cumplir con los requerimientos de Planeación Distrital, Municipal o Curaduría, que permitan el otorgamiento de la licencia de construcción (Decreto 1052/1998 Midesarrollo).
- Plan de ordenamiento territorial – POT, para Bogotá D. C. Son zonas de exclusión para el proyecto las áreas ambientalmente sensibles y/o críticas y zonas de patrimonio histórico o cultural.

#### **3.2.3. Ambientales**

- No se permite la instalación de estaciones de GNCV en ecosistemas estratégicos (humedales, pantanos, zonas de protecciones de cuerpos de aguas, bosques naturales, etc.). Zonas de riesgo geotécnico (fallas, remoción en masa, áreas inundables, etc.).
- En lo posible se ubicaran en áreas con servicios públicos o en su defecto se deberá tramitar la correspondiente solicitud ante la autoridad ambiental competente (captación, vertimientos, residuos sólidos etc.). Así como aprovechamiento forestal en caso de requerirse.

### **3.3 Ubicación y emplazamiento de los equipos**

La construcción de una estación de servicio de G.N.C o ampliación de una estación de servicio de combustibles tradicionales requiere del cumplimiento de ciertos parámetros en cuanto al área de ubicación de las mismas.

#### **3.3.1 Parámetros Civiles de la Estación de GNCV**

- **Caseta de Equipos**

La zona donde se instalen los compresores y los respectivos medios de almacenamiento deben cumplir con ciertos requisitos:

- Deben estar ubicados en un recinto que posea una puerta de acceso que restrinja el paso a personas ajenas a la operación y/o mantenimiento de los equipos.
- La estructura de los muros debe ser de mampostería u hormigón con una resistencia mínima al fuego de tres horas, una altura superior al compresor o a la Las paredes del área de compresores y almacenamiento de G.N.C que colinden con viviendas serán de hormigón armado o mampostería de 0.25 a 0.30 mts de espesor.
- El piso del recinto debe ser de un material no inflamable y tener un acabado superficial antideslizante.
- Los muros deben aislar el ruido de manera aceptable según las instalaciones que colinden con la estación. Los muros preferiblemente deben ser construidos integralmente de hormigón armado.
- Si el recinto no posee muros contra incendio, deben estar localizadas las paredes a tres (3) metros dentro de la línea de propiedad de la estación.
- batería o cascada de almacenamiento de 0.50 mts y una longitud que exceda en un (1) mt cada extremo de los equipos.

- **Islas de Surtidores**

Algunos de los parámetros básicos de construcción son:

- Deben permitir el rápido ingreso y salida de vehículos. Localizadas de tal forma que en posición de carga los vehículos queden orientados hacia la vía pública y en forma paralela a las islas.
- Si el número de islas a instalar es de dos (2) o más se deben distribuir en forma paralela entre sí para permitir una más rápida evacuación en caso de emergencia.
- La superficie de los carriles de entrada, carga y salida deben soportar sin alteración la acción de los agentes atmosféricos ( calor, frío, lluvia etc ), deben ofrecer una superficie antideslizante y firme serán horizontales y de pendiente suave. No se admitirán superficies al natural.
- El ancho mínimo de los carriles será de 3.75 mts, entre dos islas paralelas debe ser entonces de 7.5 mts.
- La construcción debe hacerse en hormigón o mampostería y contarán con protecciones mecánicas en ambas cabeceras diseñadas para soportar

impactos a velocidades hasta de 10 Km/hr y con altura mínima de 1 mt sobre el nivel del piso.

Las dimensiones de la isla deben cumplir con las siguientes condiciones:

**Tabla 3.1** Dimensiones de Islas de Surtidores

| REFERENCIA                                     | Mínimo (m) | Máximo (m) |
|------------------------------------------------|------------|------------|
| Ancho de la isla                               | 1.00       | --         |
| Distancia lateral de la isla del surtidor      | 0.30       | --         |
| Distancia de cabecera a surtidor               | 0.60       | --         |
| Distancia de columna a surtidor                | 0.50       | --         |
| Altura de la isla respecto al carril de carga  | 0.20       | --         |
| Largo de la isla                               | 1.80       | --         |
| Distancia de la cámara de válvula al surtidor. |            | 0.50       |

**Fuente :** Resolución 8-0582 de 1996, Ministerio de Minas y Energía, Colombia.

Cuando por limitaciones de espacio, las islas se ubiquen en forma longitudinal, la distancia mínima entre surtidores será de 10.0 mts, a menos que sean de una sola manguera caso en el cual se aceptarán distancia mínima de 5.0 mts y el ancho mínimo del carril de carga debe ser de 7.50 mts.

La construcción de una estación de servicio de G.N.V o ampliación de una estación de servicio de combustibles tradicionales requiere del cumplimiento de ciertos parámetros en cuanto al área de ubicación de las mismas:

- Las estaciones de servicio mixtas y las de suministro exclusivo de G.N.V, se podrán ubicar en zonas rurales y urbanas atendiendo los requisitos de la resolución 8 0852 de 1996 del Ministerio de Minas y lo establecido en las disposiciones legales vigentes que sean aplicables.
- Las estaciones no deben estar ubicadas en zonas donde el ambiente sea muy contaminado o existan atmósferas inflamables, dado que pueden originarse riesgos si el aire es inducido en los sistemas de los equipos.
- El emplazamiento de estaciones nuevas se debe realizar preferiblemente en una esquina de manzana. Si la ubicación fuese en un plano intermedio la playa de maniobras deberá tener un mínimo de 17 mts de frente y las islas de surtidores deben limitar con el paramento del predio. Si las islas no limitan con el frente del terreno los laterales de estas deben disponer de 10 mts de ancho mínimo o dado el caso poseer una salida posterior de 6 mts que facilite la evacuación dado el caso.
- Al determinar la ubicación se debe asegurar que la circulación peatonal no se efectúe a través de la playa de carga y maniobra. Las sendas peatonales limitantes con la playa, deben conservar una distancia mínimo de 10 mts respecto a los elementos de medición, compresión y despacho de GNC.
- Los equipos de la estación no se deben instalar bajo inmuebles, ni en zonas industriales y debe considerar los accesos vías de circulación permitidas para los automotores.
- Se debe buscar preferentemente que en posición de carga, los vehículos queden orientados hacia la vía pública. La posición de los vehículos no podrá

enfrentar las islas. De igual forma no se permiten maniobras de retroceso para poder salir o aproximarse a la posición de carga.

- Si se prevén actividades anexas a las esenciales de despacho de combustible (sea: cafetería, recreación, locales comerciales, o sitios de concentración de personas) se debe asegurar que los accesos sean directos desde la vía pública.
- La conexión de la estación a la red no debe afectar la red de distribución local de gas.
- Las distancias horizontales mínimas de seguridad que se deben contemplar para la instalación de equipos de G.N.V deberán ser las mostradas en las Cuadro 3.2; estas distancias varían de acuerdo a la capacidad de almacenamiento de la batería (litros de agua) Estas medidas serán consideradas también en el caso de que se quiera aprovechar la estructura de una estación de combustibles líquidos para agregar surtidores para expendio de G.N.V.

- **Vías internas**

El alineamiento de las vías internas respecto a las oficinas, tanques, surtidores y demás equipos debe permitir el fácil acceso y cómoda circulación de vehículos. Los ángulos de entrada y salida respecto a la vía pública deben favorecer el flujo vehicular y deben estar comprendidos entre 0° y 90°.

**Tabla 3.2** Distancias mínimas de seguridad de equipos de GNCV

| <b>REFERENCIAS</b>                                                                           | <b>CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO</b> |                                      |                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
|                                                                                              | <b>HASTA 4000<br/>Lts<br/>m</b>    | <b>DE 4001 A 10000<br/>Lts<br/>m</b> | <b>Mas de<br/>10000 Lts<br/>m</b> |
| De compresores y almacenamiento a:                                                           |                                    |                                      |                                   |
| - Linderos y locales propios.                                                                | 1.75                               | 2.50                                 | 3.75                              |
| -Línea de construcción definida por el municipio.                                            | 1.50                               | 2.50                                 | 3.75                              |
| - Surtidores.                                                                                | 2.50                               | 3.75                                 | 5.00                              |
| -Fuegos abiertos.                                                                            | 2.50                               | 2.50                                 | 2.50                              |
| De surtidores a:                                                                             |                                    |                                      |                                   |
| -Línea de construcción definida por el municipio.                                            | 4.00                               | 4.00                                 | 4.00                              |
| -Linderos y locales propios.                                                                 | 5.00                               | 5.00                                 | 5.00                              |
| -Fuegos abiertos.                                                                            | 4.00                               | 4.00                                 | 4.00                              |
| De equipos de G.N.C a almacenamiento y bocas de llenado y descarga de combustibles líquidos: |                                    |                                      |                                   |
| -Zona de gas a alta presión.                                                                 | 1.75                               | 2.50                                 | 2.50                              |
| -Planta de regulación y medición.                                                            | 1.75                               | 2.50                                 | 2.50                              |

**Fuente :** Resolución 8 0582 de 1996 del Ministerio de Minas

### **3.4 SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA LA ESTACION DE SERVICIO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO**

Antes de la selección de equipos es necesario conocer la composición del gas que se va a manejar.

### 3.4.1 Composición del Gas Natural

La composición del gas natural en Colombia varía para cada uno de los campos productores en el país. La composición del gas es un dato básico para determinar otras propiedades de este, tales como la gravedad específica, peso molecular, poder calorífico y viscosidad. Cualquier error generado al calcular una de estas propiedades puede reflejarse en los cálculos de caída de presión. Además la determinación correcta de la composición del gas es fundamental para el cálculo preciso de su poder calorífico, parámetro que le da el valor comercial al gas. El Cuadro 4.3 detalla algunas de las composiciones del gas natural que se dan el país:

**Tabla 3.3** Composición Típica del Gas Natural en Colombia

| COMPONENTE           | FÓRMULA                         | GUAJIRA | MONTAÑUELO | DINA   | CUSIANA | APIAY | MEZCLA | MORICHAL | GUEPAJE |
|----------------------|---------------------------------|---------|------------|--------|---------|-------|--------|----------|---------|
| Hidrógeno            | H <sub>2</sub>                  |         |            |        |         |       |        |          |         |
| Helio                | He                              |         |            |        |         |       |        |          |         |
| Monóxido de Carbono  | CO                              |         |            |        |         |       |        |          |         |
| Nitrógeno            | N <sub>2</sub>                  | 1,589   | 0,548      | 0,766  | 0,35    | 0,64  | 0,43   | 0,44     | 2,26    |
| Oxígeno              | O <sub>2</sub>                  | 0,012   | 0,008      | 0,029  |         |       |        |          |         |
| Sulfuro de Hidrógeno | H <sub>2</sub> S                |         |            |        |         |       |        |          |         |
| Argón                | Ar                              |         |            |        |         |       |        |          |         |
| Dioxido de Carbono   | CO <sub>2</sub>                 | 0,041   | 2,459      | 0,017  | 4,74    | 2,77  | 4,23   | 3,92     | 0,0693  |
| Aire                 |                                 |         |            |        |         |       |        |          |         |
| Metano               | CH <sub>4</sub>                 | 98,005  | 96,133     | 87,718 | 78,86   | 77,91 | 78,64  | 75,59    | 96,79   |
| Etano                | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>   | 0,258   | 0,681      | 6,202  | 10,05   | 14,79 | 11,34  | 10,38    | 0,6     |
| Propano              | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>   | 0,052   | 0,029      | 2,763  | 4,25    | 3,11  | 3,93   | 5,37     | 0,13    |
| iso-Butano           | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>  | 0,016   | 0,044      | 0,542  | 0,66    | 0,32  | 0,56   | 1,14     | 0,04    |
| n-Butano             | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>  | 0,008   | 0,012      | 0,910  | 0,74    | 0,33  | 0,63   | 1,49     | 0,1     |
| iso-Pentano          | C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>  | 0,006   | 0,009      | 0,316  | 0,17    | 0,06  | 0,15   | 0,57     | 0,001   |
| n-Pentano            | C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>  | 0,002   | 0,004      | 0,233  | 0,11    | 0,04  | 0,09   | 0,41     | 0,02    |
| n-Hexano             | C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>  | 0,004   | 0,008      | 0,294  | 0,05    | 0,03  |        | 0,35     | 0,009   |
| n-Heptano            | C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>  | 0,000   | 0,000      | 0,000  | 0,02    |       |        | 0,12     | 0,01    |
| n-Octano             | C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>  | 0,008   | 0,055      | 0,210  |         |       |        | 0,13     | 0,005   |
| n-nonano             | C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>  |         |            |        |         |       |        | 0,11     | 0,003   |
| n-decano             | C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> |         |            |        |         |       |        |          |         |

**Tabla 3.4** Composición Típica – Propiedades

| UNIDAD           | GUAJIRA | MONTAÑUELO | DINA    | CUSIANA | APIAY | MEZOLA | MADRICHAL | GUEPAJE |
|------------------|---------|------------|---------|---------|-------|--------|-----------|---------|
| BTUPC            | 996,32  | 969,06     | 1161,43 | 1138    | 1150  | 1139   | 1240      | 996,3   |
| PPM              | ND      | 0          | ND      | 2       | 2     | 3      | 6         | ND      |
| PPM              | ND      | ND         | ND      | ND      | ND    | ND     | ND        | ND      |
| %                | 0,04    | 2,46       | 0,02    | 4,74    | 2,77  | 4,23   | 3,92      | 0,07    |
| %                | 1,59    | 0,55       | 0,77    | 0,35    | 0,64  | 0,43   | 0,44      | 2,26    |
| %                | 0,01    | 0,1        | 0,33    |         |       |        |           |         |
| %                | 1,64    | 3,02       | 0,81    | 5,09    | 3,41  | 4,66   | 4,36      | 2,33    |
| LB/MPCS          | ND      | 23         | ND      | 2,9     | 0,6   | 2,8    | 9,3       | ND      |
| F                | ND      | 90         | ND      | 102     | 90    | 108    | 92        | ND      |
| GRANO/<br>1000PC | ND      | ND         | ND      | ND      | ND    | ND     | ND        | ND      |

El Reglamento Único de Transporte, RUT, establecido por la Resolución CREG 071 de 1999, define los parámetros mínimos de calidad requeridos por la legislación y la normatividad vigente, para el transporte y distribución del gas natural.

### 3.4.2 Equipos y Obras Complementarias

- **Compresores**

La instalación, mantenimiento y operación de los compresores debe cumplir con ciertos parámetros de normatividad establecido por las entidades encargadas de su reglamentación.

- La tubería de entrada al compresor debe poseer una válvula manual que bloquee la entrada de gas al compresor en caso de que este pare la operación y un filtro de entrada delante del compresor para eliminar la suciedad, el óxido y las incrustaciones de los tubos, que de alguna forma podrían ocasionar daño en los compresores o mal funcionamiento de los mismos.
- Debe contar además con sistemas de protección por baja presión de succión o por sobre-presión, que cortarán el suministro de energía eléctrica cuando la presión alcance valores peligrosos o no compatibles con las especificaciones de trabajo del compresor.
- Los compresores se deben instalar en recintos especialmente diseñados para ellos. Los pasillos laterales entre compresores y entre estos y las paredes del recinto deben ser amplios para facilitar el montaje y mantenimiento de los mismos, nunca debe ser menor de 0.90 mts.

- El piso del recinto debe ser de un material antideslizante, su base debe ser de concreto, debe estar perfectamente ventilado a nivel del techo y del piso en áreas no menores de 0.006 m<sup>2</sup> por cada m<sup>2</sup> de volumen ambiente.
- La salida del compresor estará provista de una válvula de seguridad por alivio de presión calibrada a un 10% por encima de la presión máxima de operación. El gas debe salir al exterior del área de compresores a nivel superior y orientada la salida en sentido contrario a los surtidores.
- Deben poseer un sistema que los ponga fuera de servicio mediante un interruptor en un lugar de fácil acceso.

El compresor es considerado la parte mas importante de la estación de distribución de GNC, ya que es el que más problemas puede ocasionar, por esto es indispensable un conocimiento detallado del mismo. Los compresores son usados siempre que sea necesario flujo de gas de un sistema de baja a alta presión.

- **Compresión polifásica o por etapas**

Cuando la relación (  $r$  ) entre la presión de descarga ( $P_d$ ) y la presión de succión ( $P_s$ ), ( $r = \frac{P_d}{P_s}$ ), está por encima de cinco no es recomendable comprimir en una sola

etapa porque se puede afectar el compresor y la eficiencia del proceso en sí, debe hacerse en varias etapas; en este caso se deben tener varios compresores trabajando en serie. En la compresión polifásica se presenta una disminución en el trabajo comparado con el requerido para una etapa, además ya que solo se conoce la presión de succión de la primera etapa y la presión de descarga de la última etapa, uno de los cálculos importantes es conocer las presiones de succión y descarga de las etapas intermedias .

- **Tipos de compresores**

En general los compresores se agrupan en dos grandes categorías: de flujo intermitente o desplazamiento positivo y los de flujo continuo o cinético.

En un compresor de desplazamiento positivo el gas es transportado en un flujo de baja a alta presión en un mecanismo que reduce su volumen y por lo tanto incrementa su presión. Los compresores cinéticos imparten una velocidad al gas, la cual es convertida en presión de cabeza de acuerdo con la ley de Bernoulli, ya que el gas disminuye la velocidad en la línea de descarga.

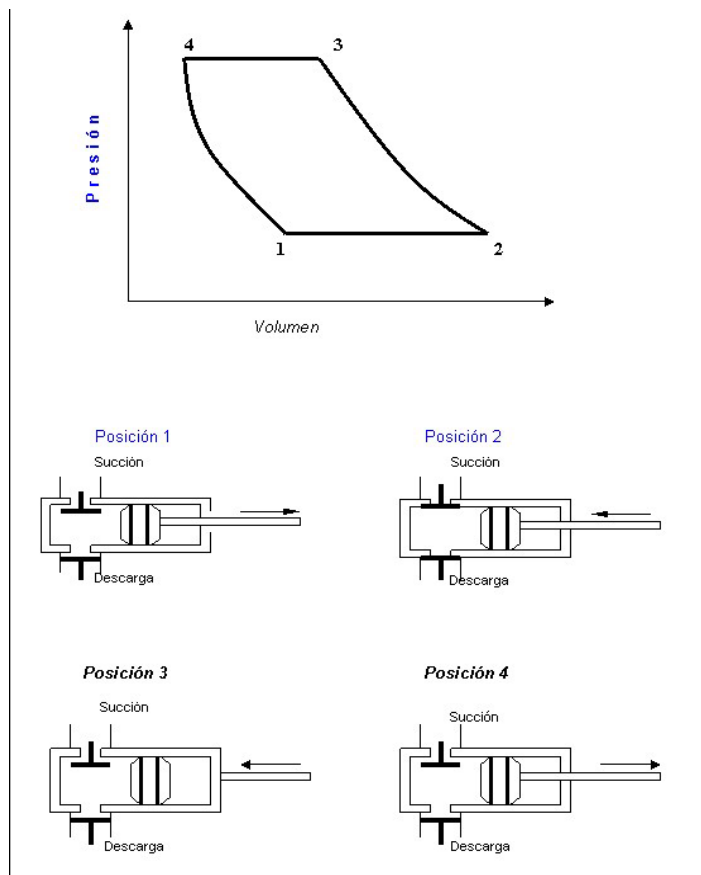
Los tipos más comunes usados en la industria del gas natural son los compresores reciprocantes y centrífugos. Los compresores reciprocantes son máquinas de desplazamiento positivo y operan a velocidades más bajas que las unidades centrífugas y son usadas en aplicaciones donde presiones altas son requeridas. Los compresores reciprocantes producen un flujo pulsante, por lo tanto se hace necesaria la instalación de mecanismos que eviten la pulsación y vibración para evitar daños en tuberías. Solo los compresores reciprocantes serán objeto de este estudio, pues son

los que de acuerdo a sus condiciones de operación son los que mejor se ajustan para Estaciones de Servicio de GNC.

- **Compresores Reciprocantes**

En un compresor recíprocante el elemento de compresión es un cilindro con un pistón interno conectado a un émbolo. El cilindro posee dos válvulas que abren o cierran en direcciones opuestas a las líneas de succión y descarga respectivamente (ver figura 3.1).

**Figura 3.1** Pasos de compresión de un compresor recíprocante



- **Eficiencia Volumétrica**

En un compresor recíprocante el pistón no viaja completamente hasta el final del cilindro, por tanto existirá algún volumen muerto y este incluye el espacio entre el final del pistón y la cabeza del cilindro cuando el pistón está al final del stroke; además incluye el volumen alrededor de los asientos de las válvulas de succión y de descarga. El volumen muerto, es un factor importante en el funcionamiento del compresor y afecta especialmente la eficiencia volumétrica del mismo. Este espacio o tolerancia usualmente se expresa como un porcentaje del desplazamiento del cilindro real. En sí, es una pérdida de capacidad de un cilindro ( mínimo 5% ), pero no causa una

significante pérdida de potencia, y es una forma de controlar la capacidad del compresor sin incrementar la potencia en forma apreciable.

En la siguiente ecuación se relacionan estos dos términos:

$$C = \frac{\text{Volumen..muerto}}{\text{Desplazamiento..total..del..piston}} * 100 \quad \text{Ec 3.1}$$

donde :

C : Fracción de volumen muerto

El término eficiencia se aplica fundamentalmente a los compresores de flujo intermitente, especialmente a los reciprocantes. Como se acaba de anotar, se define como la relación entre el volumen que descarga y comprime el compresor en cada carrera o la relación entre el volumen realmente comprimido y la capacidad real del compresor.

La expresión para eficiencia volumétrica (Ev) se obtiene a partir de la definición de compresión isentrópica y del volumen muerto para compresores reciprocantes:

$$Ev = 96 - r - C * \left[ \frac{Z_s}{Z_d} * r^{1/k} - 1 \right] \quad \text{Ec 3.2}$$

Donde:

Ev = Eficiencia volumétrica

C = Volumen muerto en porcentaje

96 = Teniendo en cuenta la eficiencia del proceso

Z<sub>d</sub>, Z<sub>s</sub> = factores de compresibilidad de un gas real a la succión y descarga

r = Relación de compresión (P descarga / P succión)

k = Exponente isentrópico (C<sub>p</sub>/(C<sub>v</sub>))

Para mezclas de composición conocida k se calcula así:

$$k = \frac{C_p}{C_v} = \frac{MC_p}{MC_v} = \frac{MCP}{MCV - 1.99} \quad \text{Ec 3.3}$$

donde MC<sub>p</sub> es la capacidad calorífica molar a presión constante.

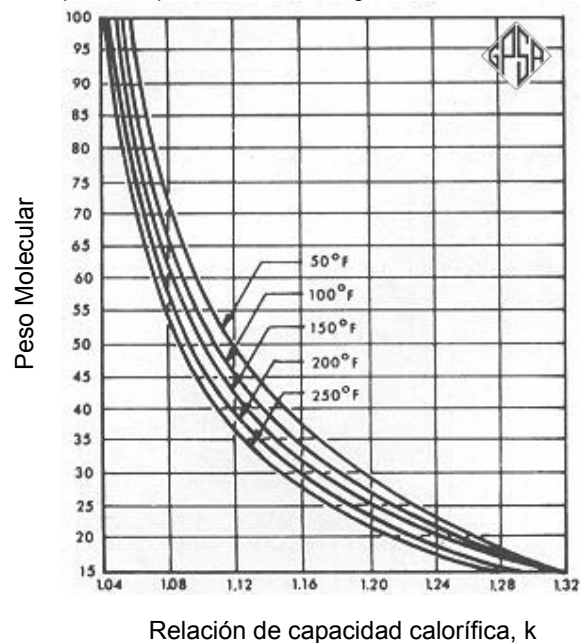
El Cuadro 4.5 muestra un ejemplo del cálculo de K para una mezcla de gases. La capacidad calorífica molar puede ser determinada a una temperatura promedio del cilindro (promedio entre las temperaturas de descarga y succión).

**Tabla 3.5** Cálculo de K para una mezcla de gases

| COMPOSICIÓN DEL GAS                                                          |                  | PESO MOLECULAR    |        | CAPACIDAD CALORÍFICA MOLAR, MC <sub>p</sub>                  |                             | PRESIÓN Y TEMPERATURA PSEUDOCRÍTICAS |                  |                     |                  |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|--------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------|---------------------|------------------|
| Componente                                                                   | Fracción molar Y | Peso molecular Mw | Y * Mw | MC <sub>p</sub> @ 150 °F                                     | Y * MC <sub>p</sub> @150° F | P <sub>C</sub> , psia                | Y*P <sub>C</sub> | T <sub>C</sub> , °R | Y*T <sub>C</sub> |
| Metano                                                                       | 0.9216           | 16.04             | 14.782 | 8.95                                                         | 8.248                       | 666                                  | 615.6            | 343                 | 316.             |
| Etano                                                                        | 0.0488           | 30.07             | 1.467  | 13.78                                                        | 0.672                       | 707                                  | 34.6             | 550                 | 1                |
| Propano                                                                      | 0.0185           | 44.10             | 0.816  | 19.52                                                        | 0.361                       | 616                                  | 11.4             | 666                 | 26.8             |
| i-butano                                                                     | 0.0039           | 58.12             | 0.227  | 25.77                                                        | 0.101                       | 528                                  | 2.1              | 734                 | 12.3             |
| n-butano                                                                     | 0.0055           | 58.12             | 0.320  | 25.81                                                        | 0.142                       | 551                                  | 3.0              | 765                 | 2.9              |
| i-pentano                                                                    | 0.0017           | 72.15             | 0.123  | 31.66                                                        | 0.054                       | 490                                  | 0.8              | 829                 | 4.2              |
| Total                                                                        | 1.0000           | Mw =              | 17.735 | MC <sub>p</sub> =                                            | 9.578                       | pP <sub>c</sub> =                    | 667.5            | pT <sub>c</sub> =   | 363.7            |
| MC <sub>v</sub> = MC <sub>p</sub> - 1.986 = 7.592                            |                  |                   |        | K = MC <sub>p</sub> / MC <sub>v</sub> = 9.578 / 7.592 = 1.26 |                             |                                      |                  |                     |                  |
| * Para otros valores de MC <sub>p</sub> a @ 150°F, referirse a la Cuadro 1.2 |                  |                   |        |                                                              |                             |                                      |                  |                     |                  |

Si solamente se conoce el peso molecular del gas y no su composición un valor aproximado de k puede ser determinado de la siguiente figura:

**Figura 3.2** Cálculo de K a partir del peso molecular del gas



- Temperatura de descarga

Este es un aspecto que es importante conocer a fin de saber hasta que punto aumenta la temperatura para garantizar un buen funcionamiento del compresor. La temperatura del gas descargado del cilindro puede ser calculado por la ecuación:

$$T_d = T_s * \left( r^{\frac{(k-1)}{k}} \right) \quad \text{Ec 3.4}$$

También podemos aplicar el nomograma de la Figura 4.3

Desplazamiento del pistón

El desplazamiento del pistón es equivalente al área neta del pistón multiplicada por la longitud del recorrido del pistón:

$$PD = 4.55 * 10^{-4} * L * N * D^2 \rightarrow \text{Pistón de una sola acción} \quad \text{Ec 3.5}$$

$$PD = 4.55 * 10^{-4} * L * N * (2 * D^2 - d^2) \rightarrow \text{Pistón de doble acción} \quad \text{Ec 3.6}$$

Donde:

L = Recorrido del pistón

N = Número de strokes

D = Diámetro del pistón

- **Caballaje de compresión (Trabajo, cabeza y potencia)**

El trabajo y cabeza se refieren a las libras-fuerza / pie (lbf-pie) requeridas para comprimir una libra-mol o una libra-masa de gas de la presión de succión ( $P_s$ ) a la presión de descarga ( $P_d$ ). La potencia son los caballos de fuerza requeridos para comprimir una cierta cantidad de gas en la unidad de tiempo. Estos valores varían dependiendo del tipo de compresión y se pueden calcular por dos métodos: procedimiento analítico y cartas empíricas. Los cálculos de caballaje de compresión pueden ser hechos a través del uso de las Figuras 4.4a y 4.4.b.

Para facilidad de los cálculos, estas figuras proveen del caballaje neto, incluyendo eficiencia mecánica y pérdidas de gas. El volumen que será manejado en cada etapa debe ser corregido a temperatura actual a la entrada; cuando enfriadores entre etapas son usados, se hace para bajar la presión entre etapas. La presión entre etapas puede ser estimado por:

- Obteniendo la relación de compresión total  $r_t$ .
- Obteniendo una relación calculada por etapa  $r$ , tomando la raíz  $s$  de  $r_t$  siendo  $s$  el número de etapas de compresión.
- Multiplicando  $r$  por la presión de entrada absoluta de la etapa que está siendo considerada.

Este procedimiento da la presión de descarga absoluta de una etapa y la presión de entrada absoluta, teórica de la próxima etapa. La presión de entrada de la próxima

etapa debe ser corregida por una baja de presión por interenfriamiento reduciendo la presión de 3 a 5 psi.

El caballaje por compresión es calculado usando las figuras 3.4a y 3.4b y la siguiente ecuación:

$$BHP = (Bhp / MMcfd) * \left( \frac{PL}{14.4} \right) * Z_{avg} * MMcfd \quad \text{Ec 3.7}$$

**Figura 3.3** Nomograma para calcular temperatura de descarga

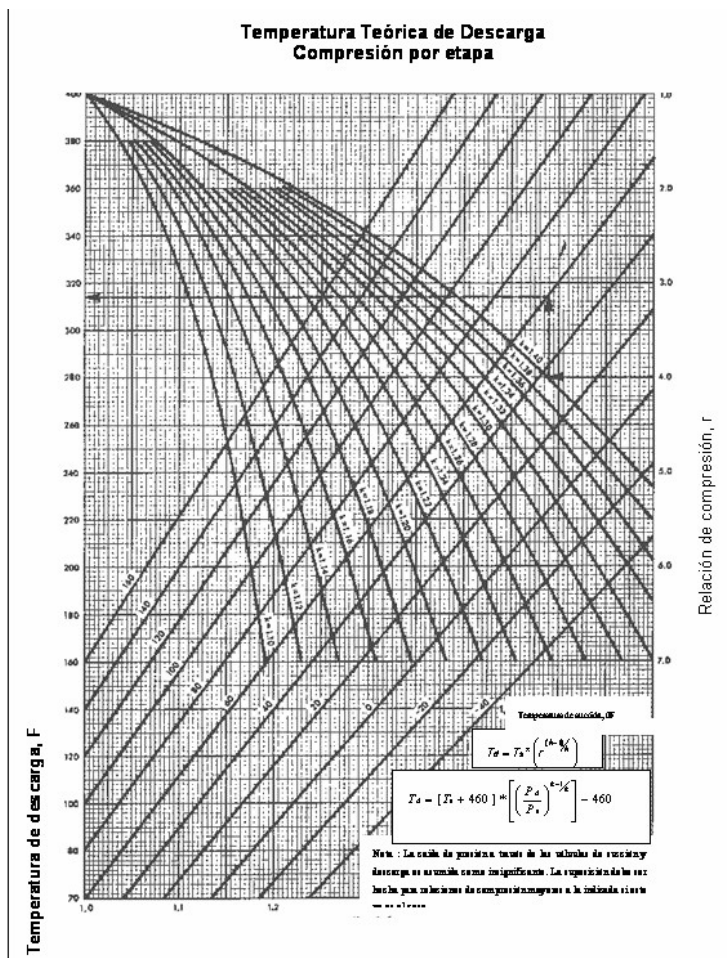


Figura 3.4a. Cálculo de caballaje de compresión

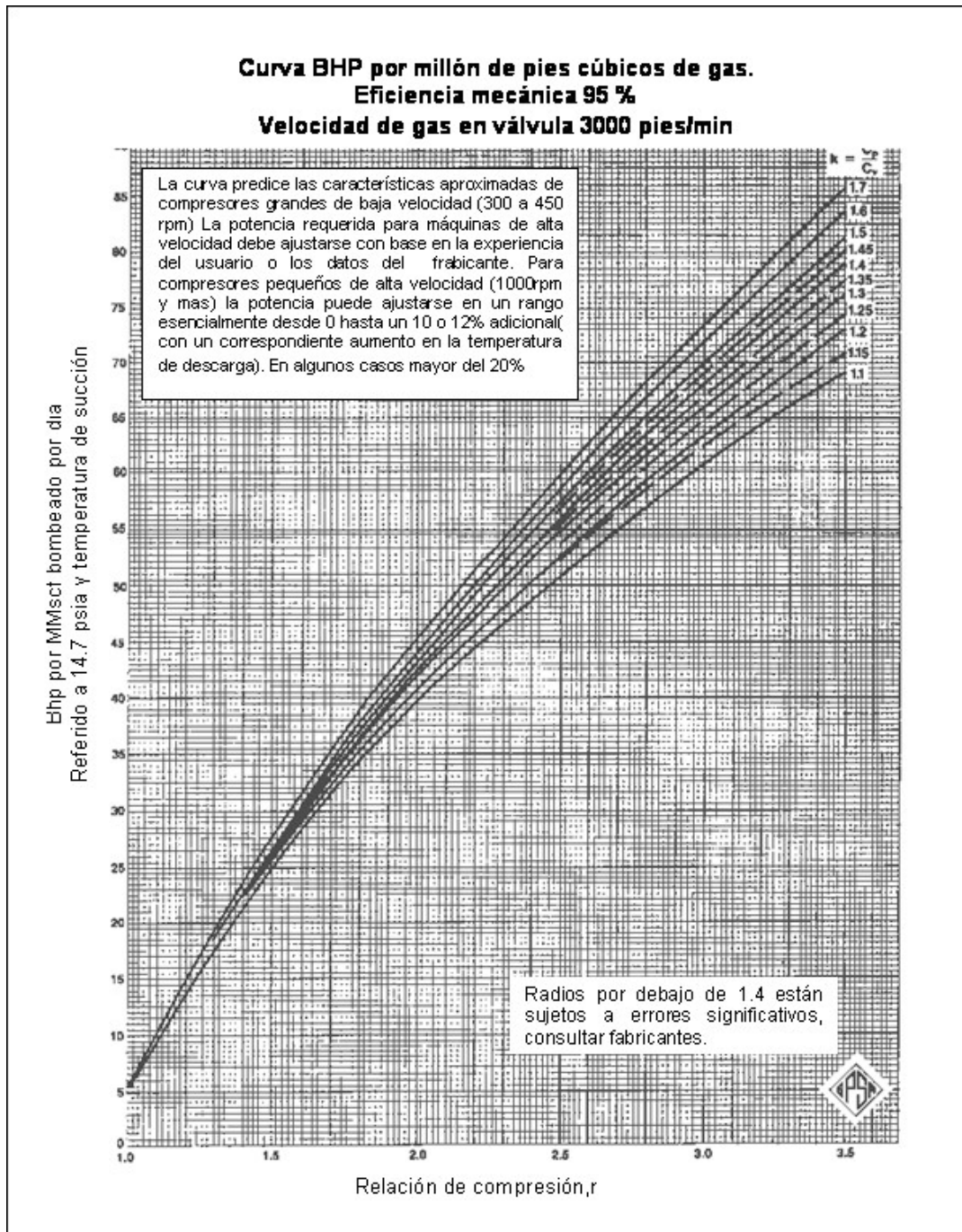
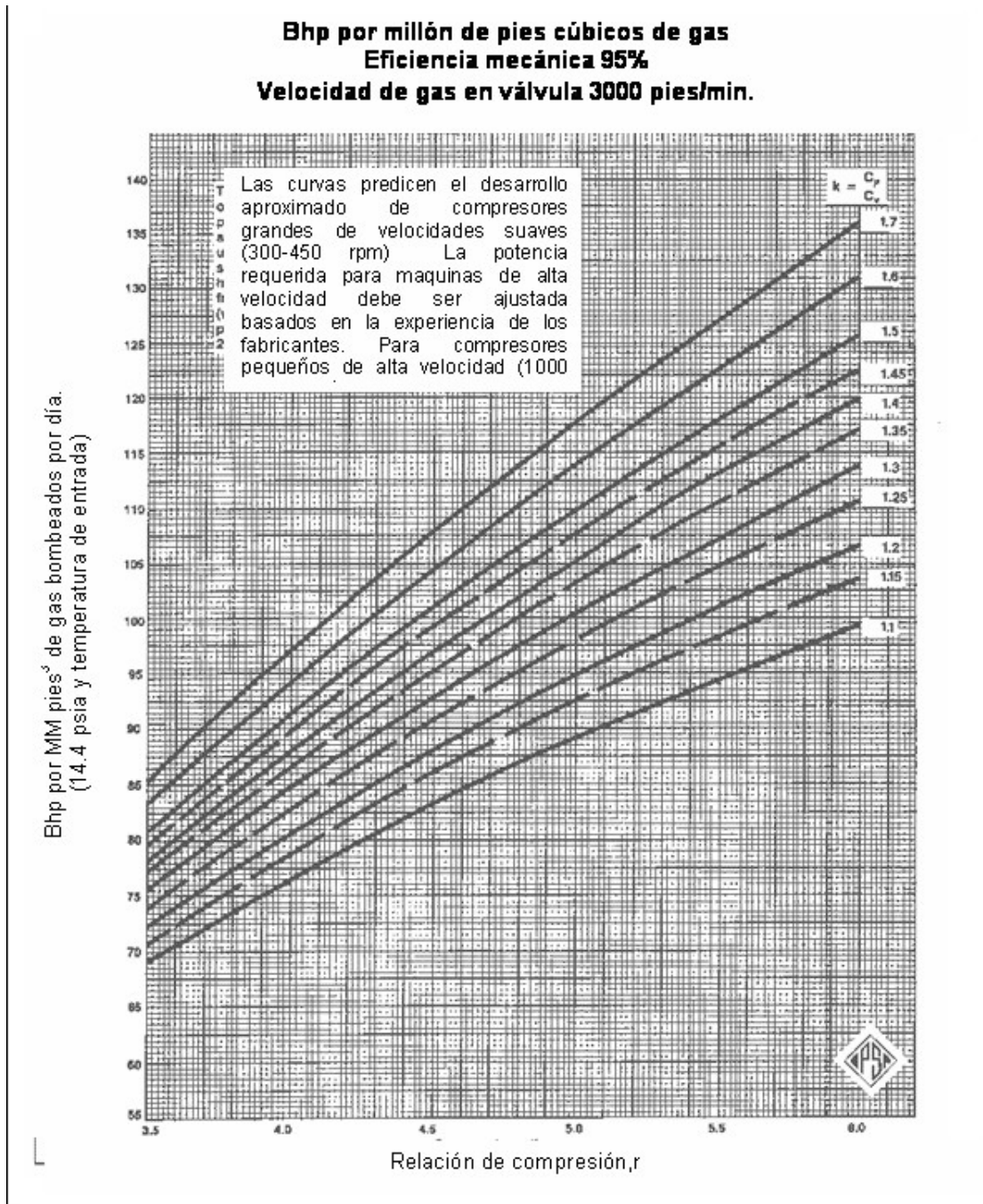
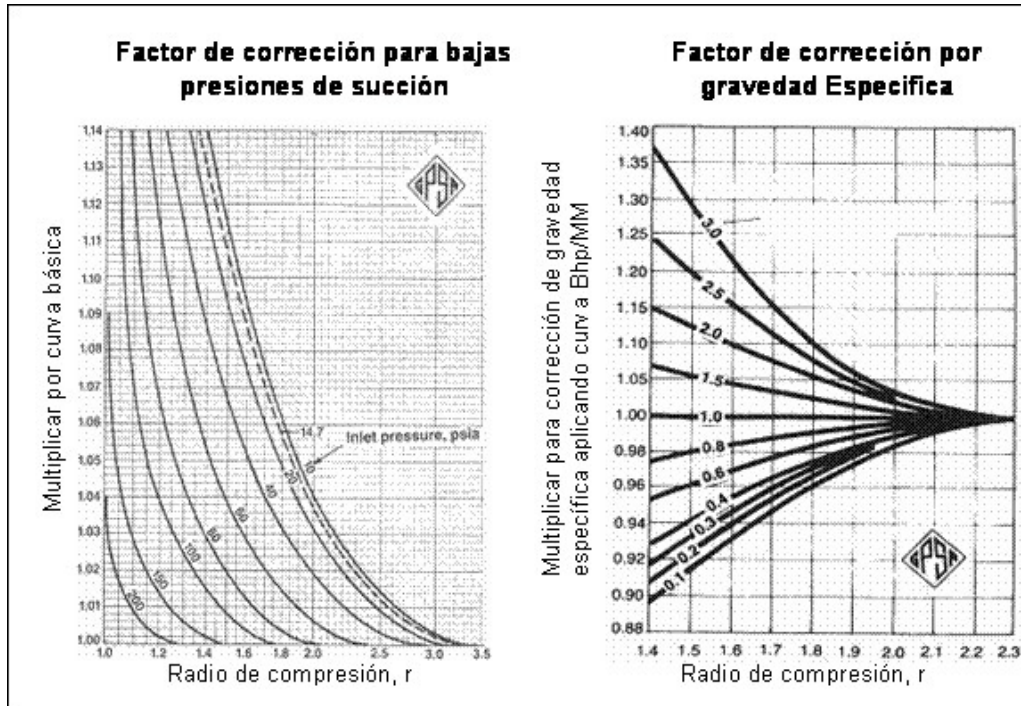


Figura 3.4b Cálculo de caballaje de compresión



**Figura 3.5.** Corrección de caballaje de compresión



- **Amortiguamiento de pulsaciones**

Debido a altas velocidades del pistón, llenado incompleto del cilindro por gas y si varios cilindros funcionan en paralelo, la pulsación puede llegar a ser crítica. Se nota en la reducción de capacidad del compresor e incremento en el consumo de potencia del motor de fuerza, incremento en la temperatura de descarga, ruido y vibraciones.

Para disminuir esto se usan botellas o dampeners instalados a la entrada y salida de los cilindros, actúan como tanques de balance de aquietamiento, que suavizan el flujo del gas que entra o sale del cilindro compresor. La pulsación puede ser reducida disminuyendo la velocidad del compresor.

El gas es normalmente comprimido en etapas y el calor de compresión debe ser normalmente reducido entre etapas de compresión por lo tanto, enfriadores entre etapas se usan para este propósito.

- **Relación de compresión**

Una gran consideración en el diseño e instalación de compresores es la relación de compresión. Si la relación de compresión total es alta, varias etapas de compresión son requeridas. La relación de compresión debe ser limitada para evitar temperaturas excesivas que podrían resultar de altas relaciones. Cuando el gas es comprimido éste aumenta de temperatura; la temperatura de operación recomendada para cilindros

compresores son usadas como una guía en la determinación de la relación de compresión máxima por etapa.

La relación de compresión por etapa es calculada usando la relación total de la instalación y pérdidas de presión en la succión y tubería de enfriamiento por etapa. Por ejemplo una estimación aproximada de la relación de compresión por etapa para un compresor de dos etapas puede obtenerse por el cálculo de la raíz cuadrada de la Presión de descarga dividida entre la Presión de succión de la estación. Si ésta es necesaria para comprimir gas desde 100 psia a 900 psia con un compresor de dos etapas entonces la relación de un compresor por etapa es aproximadamente:

$$\sqrt{900/100} = \sqrt{9} = 3$$

Si un compresor de tres etapas es el que será usado, el cubo de la raíz de la relación de la presión de descarga entre la presión de succión dará una relación de compresión aproximada por etapa de:

$$\sqrt[3]{900/100} = 2.08$$

Si tres etapas son usadas (pasando por alto las pérdidas de presión por enfriamiento entre etapas y la tubería de succión), la primera etapa tomaría una succión a 100 psi y descargaría a 208 psi (100\*2.08). La segunda etapa tomaría una succión a 208 psi y descargaría a 433 psi (208\*2.08). La succión de la etapa final sería a 433 psi y descargaría a la presión deseada de 900 psi (433\*2.08).

Para el diseño final las pérdidas en la succión y pérdidas entre etapas deben ser consideradas. Esto cambiará las relaciones de compresión estimadas levemente, pero ellas pueden ser fácilmente recalculadas usando la presión de descarga y succión actual y comparándolas con algún límite. La máxima compresión permitida por etapa es normalmente basada sobre los límites recomendados o la relación de compresión o temperatura de operación.

El incremento de la temperatura que resultará de la compresión a una presión de succión y a una presión de descarga dadas puede ser calculada, usando la temperatura del gas a condiciones de succión, las presiones de descarga y succión y la capacidad calorífica del gas. La temperatura de descarga calculada puede entonces ser comparada con los límites recomendados. El límite de la temperatura del gas con valores recomendados hace necesario enfriar el gas entre etapas de compresión. El enfriamiento entre etapas de compresión puede ser hecho con aire o con agua en intercambiadores de calor o por intercambio de calor en la entrada del gas con un intercambiador de calor gas a gas. Típicamente los enfriadores por aire consisten de bancos de espirales horizontales a través de los cuales el gas fluye entre las etapas de compresión. Un ventilador lanza aire sobre los espirales para enfriar el gas antes de la entrada a la succión de la próxima etapa de compresión.

- **Capacidad del compresor**

Es el volumen de gas que puede comprimir un compresor a una determinada velocidad con una longitud de carrera y eficiencia volumétrica dadas.

La capacidad de un compresor puede ser expresada en varias formas. Un método común es expresar la capacidad en pies<sup>3</sup> por unidad de tiempo, a una presión y temperatura de succión ( $P_s, T_s$ ). La capacidad también es calculada en base a condiciones de presión y temperatura standard. La capacidad neta para un compresor en pies<sup>3</sup>/día a 14,4 psia y temperatura de succión puede ser calculada por :

$$Q = DP * Ev \quad \text{Ec 3.8}$$

Donde:

Q = capacidad del compresor a condiciones de succión en pies cúbicos por unidad de tiempo

PD = desplazamiento del pistón

Ev = Eficiencia volumétrica

Porque los gases son altamente compresibles, sus cambios de volumen directamente dependen de la temperatura y presión. A presión constante el volumen se incrementa con el incremento de la temperatura; si la temperatura se mantiene constante, el volumen disminuye con el incremento de la presión.

El factor de compresibilidad se incluye en los cálculos de volumen para explicar la desviación de un gas de los gases ideales. Porque los gases naturales son una mezcla de varios componentes con diferentes propiedades físicas, las propiedades de la mezcla deben ser determinadas de un análisis del gas para exactitud del cálculo.

El volumen que un compresor reciprocante puede manejar depende del desplazamiento del pistón y de la eficiencia volumétrica del cilindro. El desplazamiento del pistón depende de si el pistón es de acción simple o doble acción.

- **Selección de compresores**

El típico problema del diseño no es determinar la capacidad de un compresor, sino seleccionar un compresor para manejar un volumen dado de un gas específico a las condiciones de presión preescritas.

Para hacer esto es necesario determinar que tanta potencia de compresor es necesario para manejar el volumen requerido.

Varias maneras de calcular la potencia requerida son posibles, dependiendo del tipo de compresor y condiciones de operación. Los factores que afectan la potencia de freno requerido incluyen el volumen que es comprimido, presión de descarga y succión (o relación de compresión), la capacidad calorífica del gas y la eficiencia del compresor.

Cartas han sido desarrolladas, que muestran la potencia requerida al comprimir 1MM pies<sup>3</sup>/día de un gas dado a una tasa dada de calores específicos a varias relaciones de

compresión. Estas cartas son usadas para una determinación preliminar del tamaño del compresor. Entonces los cálculos son hechos para confirmar que el compresor es capaz de manejar el volumen requerido.

En la especificación de un compresor es necesario elegir el tipo básico, el número de etapas de compresión y la potencia requerida. En orden a esta, está el volumen de gas, la presión de succión y descarga, temperatura de succión y gravedad específica de gas deben ser conocidas.

Una primera aproximación del número etapas puede ser asumiendo una compresión máxima por etapas de 3.0 a 4.0 y escogiendo el número de etapas tal como:

$$r = \left( \frac{P_d}{P_s} \right)^{1/n} < 3.0 \text{ a } 4.0 \quad \text{Ec 3.9}$$

donde:

$r$  = Tasa por etapa  
 $n$  = Número de etapas  
 $P_d$  = Presión de descarga, Psia.  
 $P_s$  = Presión de succión, Psia.

Una Primera aproximación para la potencia puede ser hecha a partir de la Figura 4.3 ó a partir de la siguiente ecuación:

$$BHP = 22 * r * n * F * Q_g \quad \text{Ec 3.10}$$

Donde:

$BHP$  = Presión aproximada de freno  
 $r$  = Tasa por etapa  
 $n$  = Número de etapas

$F$  = Constante para caída de presión entre etapas

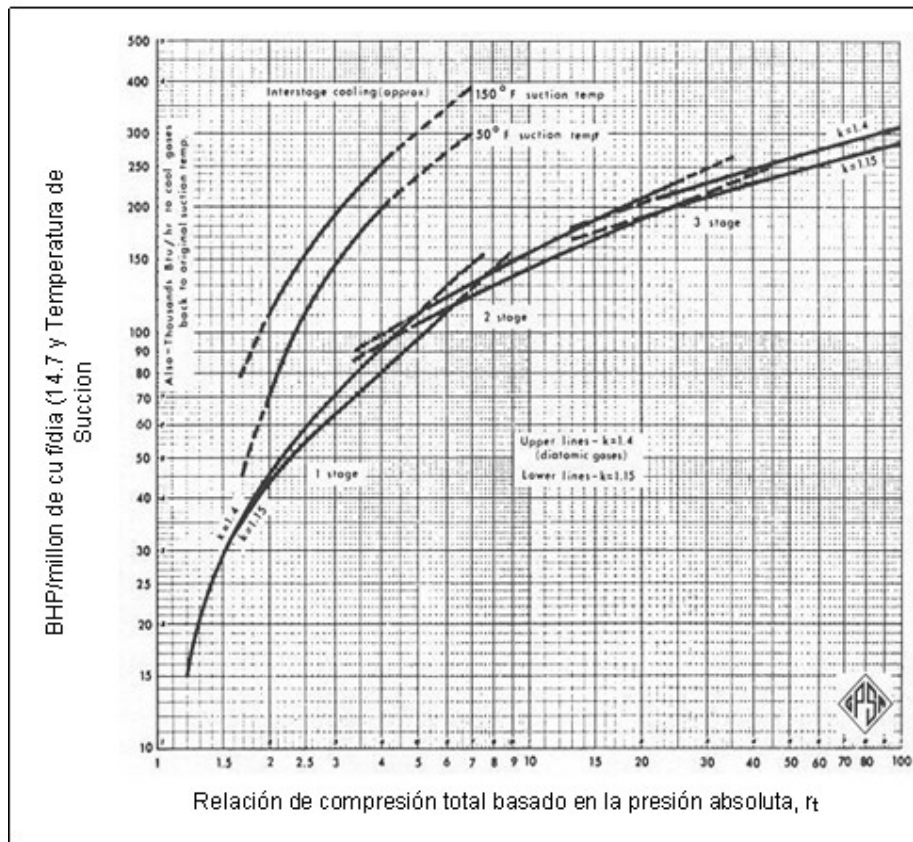
= 1.00 para compresión de una sola etapa

1.08 para compresión de dos etapas

1.10 para compresión de tres etapas

$Q_g$  = Rata de flujo, MMscfd

**Figura 3.6** Potencia Aproximada Para Compresores De Gas



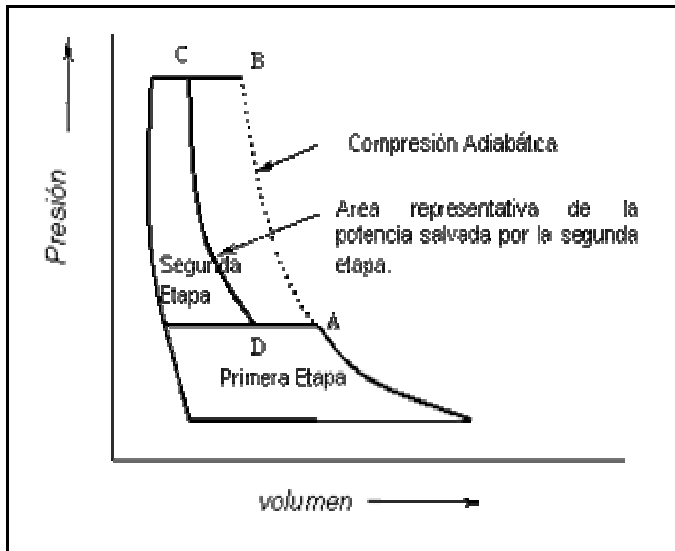
Una vez son estimadas la potencia requerida y numero de etapas, el tipo de compresor puede ser elegido teniendo en cuenta todas las consideraciones. Deben ser consideradas además las condiciones de funcionamiento local, tipo de operador disponible, costo de llenado, disponibilidad de partes, personal familiarizado con las operaciones, mantenimiento, requerimientos de calor, etc., podrían influenciar la selección para una instalación específica.

- **Procedimiento para una determinación más aproximada de potencia y número de etapas.**

Hay razones económicas y operacionales para considerar una etapa adicional de compresión. La adición de una etapa de adición requiere de un scrubber, un cilindro adicional, y más controles y tubería compleja. Además, hay más pérdidas de potencia por la adición de fricción mecánica del cilindro o elemento rotatorio y el incremento de la caída de presión de la tubería. Estas pérdidas de potencia y equipo adicional pueden ser más que compensadas por el incremento en la eficiencia de compresión.

La figura 3.7 muestra la curva presión-volumen tanto para la compresión de una sola etapa y dos etapas (despreciando pérdidas entre etapas).

**Figura 3.7** Reducción de potencia por multietapamiento



Por adición de la segunda etapa y el enfriamiento del gas desde A hasta D donde comienza el ciclo de compresión en la segunda etapa, el área bajo la curva es reducida a ser igual a A-B-C y D. Esto representa el poder ahorrado por adición a la segunda etapa.

Es a menudo y aún más importante agregar una etapa más para limitar la temperatura de descarga de una sola etapa.

La temperatura de descarga para una sola etapa de compresión puede ser calculada por:

$$T_d = T_s * \left( \frac{P_d}{P_s} \right)^{\frac{k-1}{k * f}} \quad \text{Ec 3.11}$$

donde:

- $T_d$  = Temperatura de la etapa de descarga, ° R
- $T_s$  = Temperatura de la etapa de succión, ° R
- $P_d$  = Presión de la etapa de descarga, Psia
- $P_s$  = Presión de la etapa de succión, Psia
- $k$  = Proporción de los calores específicos del gas
- $f$  = 1.0 para compresores recíprocos
- $f$  = 0.6 a 0.8 para compresores centrífugos

Es recomendable limitar la temperatura de descarga por debajo de 275 °F para asegurar una adecuada vida del empaque en compresores recíprocos y evitar una degradación del lubricante. Una temperatura eventual por encima de 300°F degrada el lubricante y en presencia de oxígeno es posible una ignición. La temperatura de descarga puede ser bajada por enfriamiento en el gas de succión y reduciendo el valor de  $P_d / P_s$ , o sea adicionando más etapas de compresión. La potencia de freno por etapa puede ser determinada por:

$$BHP = 0.0857 * [Z_{avg}] * \left[ \frac{Q_g * T_s}{E} \right] * \left[ \frac{K * \eta}{k - 1} \right] * \left[ \left( \frac{P_d}{P_s} \right)^{\frac{k+1}{k * n}} - 1 \right] \quad \text{Ec 3.12}$$

El siguiente procedimiento puede ser usado para calcular el número de etapas de compresión y el caballaje de la unidad.

- Primero calcular la relación total de compresión ( $r_T = P_d / P_s$ ). Si la relación de compresión está por debajo de 5, considerar una etapa; si no es así, seleccionar un número de etapas tal que  $r < 5$ . Para cálculos iniciales se puede asumir una relación de compresión equivalente para todas las etapas.
- Calcular la temperatura de descarga para la primera etapa. Si la temperatura de descarga también es alta, un número suficiente de etapas no se ha sido seleccionado ó un enfriamiento adicional el gas de succión es necesario. Si la temperatura del gas de succión de cada etapa no puede ser disminuido, incrementar el número de etapas de a una y recalculer la temperatura de descarga.
- Una vez la temperatura es aceptable, calcular la potencia requerida y calcular la presión de succión, temperatura de descarga y caballaje para cada etapa subsiguiente.

La potencia total para un compresor es la suma de las potencias requeridas para cada etapa y teniendo en cuenta las pérdidas de presión entre etapas. Se asume que hay un 3% menos de presión en camino a través del enfriador scrubbers, tubería, etc., entre la descarga actual de cilindro y la succión actual del próximo cilindro. Por ejemplo, si la presión de descarga de la primera etapa es 100 Psia, las pérdidas de presión son asumidas como 3 Psi y la presión de succión de la próxima etapa es 97 Psi. Esto es, que la presión de succión de la segunda etapa no es igual a la presión de descarga de la primera etapa.

- **Selección del compresor**

Para el diseño de la estación y para la selección del compresor se parte de una base de cálculo fundamentada en la demanda proyectada a 10 años manteniendo operaciones hasta conseguir 840 vehículos convertidos al sistema GNV (ver análisis económico de El Carmen GNC, capítulo 7), con un consumo promedio de diez y nueve mil ochocientos metros cúbicos diarios (19800 m<sup>3</sup> /día).

- **Cálculo de especificaciones del compresor**

El compresor es una de las partes más importantes a tener en cuenta para el eficiente funcionamiento de la estación, por lo tanto se debe hacer una selección acorde con las características de la estación, del gas y de la demanda proyectada, se tiene:

➔ **Definir número de etapas de compresión.**

Hay que aclarar que para el diseño, el volumen de gas a manejar por el compresor es bastante alto (19800 m<sup>3</sup>/d), por tanto es necesario garantizar volumen de succión al compresor; este caudal no es posible tomarlo de una red domiciliaria corriente, entonces se hace necesario llevar el gas de una subestación hasta el lugar de la estación de GNC. Normalmente el gas que viene directamente de la subestación está a una presión de aproximadamente 180 psi (12.24 bar) en una línea de dos a cuatro pulgadas (2 - 4") de diámetro. La presión de descarga del compresor es de 3600 psi que es la presión de operación de la batería de almacenamiento.

Entonces la relación de compresión ( $p_d/p_s$ ) es  $r = 20$

Este valor se da asumiendo una sola etapa de compresión, como se puede ver el valor es muy alto, lo cual generaría una alta temperatura de descarga del compresor. Para asegurar temperaturas de descarga del compresor que garanticen el comportamiento adecuado de las empaquetaduras de los sellos (máximo entre 250 y 270 °F), se aconseja usar relaciones de compresión menores de 3.0 y 4.0. Asumiendo un compresor reciprocante de tres (3) etapas, que son los más comúnmente usados en este tipo de sistemas, se tiene que a partir de la ecuación relación de compresión :

$$r = \sqrt[3]{P_d/P_s} = \sqrt[3]{3600/180} = 2.71$$

Nota : Para este ejercicio se asume que las perdidas de presión entre etapas no son significativos (para simplificar cálculos) , entonces la presión de descarga de una etapa es la presión de succión de la siguiente etapa.

Así para la primera etapa se obtiene:

$$P_d = P_s * r = 180 * 2.71 = 488.6 \text{ psi}$$

Así para la segunda etapa se obtiene :

$$P_d = P_s * r = 488.6 * 2.71 = 1326.24 \text{ psi}$$

Así para la tercera etapa se obtiene :

$$P_d = P_s * r = 1326.4 * 2.71 = 3600 \text{ psi}$$

En el siguiente Cuadro se observa un resumen de presiones, temperaturas y factores de compresibilidad por etapa. Se aclara que debe hacerse enfriamiento entre etapas, por tanto las temperaturas de succión de la segunda y tercera etapa se han tomado como la temperatura de descarga de la etapa anterior menos un enfriamiento de 80°F.

Esto es para que el proceso de compresión sea más eficiente y garantizar temperaturas de descarga que no afecten los cauchos y empaquetaduras del compresor.

**Tabla 3.6** Resultados de propiedades pseudocríticas para el diseño propuesto

|               | Succión |        |          |          |       | Descarga |        |          |          |       | $Z_{promedio}$ |
|---------------|---------|--------|----------|----------|-------|----------|--------|----------|----------|-------|----------------|
|               | T       | P      | $T_{PR}$ | $P_{PR}$ | Z     | T        | P      | $T_{PR}$ | $P_{PR}$ | Z     |                |
| Primera Etapa | 80      | 180    | 1.50     | 0.26     | 0.975 | 180      | 488.6  | 1.78     | 0.726    | 0.965 | 0.97           |
| Segunda Etapa | 100     | 488.6  | 1.55     | 0.726    | 0.94  | 202      | 1326.4 | 1.84     | 1.97     | 0.925 | 0.9325         |
| Tercera etapa | 122     | 1326.4 | 1.61     | 1.97     | 0.86  | 228      | 3600   | 1.91     | 5.34     | 0.945 | 0.9025         |

→ Potencia de freno :

Se puede dar un valor aproximado rápido usando la figura \*\*\* ó la ecuación 4.10 así :

$$BHP = 22 * r * n * MM_{pies}^3 * F$$

Además  $Q_g = 19800 \text{ m}^3/\text{d} = 0.70 \text{ MMscfd}$ .

Se obtiene entonces:

$$BHP = 22 * 2.71 * 3 * 0.70 * 1.1 = 137.72$$

Ahora mediante la ecuación 4.4 se puede hacer un cálculo más aproximado que involucra las temperaturas de succión ( $T_s$ ) y descarga ( $T_d$ ) de cada etapa de compresión.

De la figuras 3.4a y 3.4b con  $r = 2.71$  y  $k = 1.2$  ( Se tendrá en cuenta el valor de  $k$  calculado en el Cuadro \*\*\* ) se tiene que el  $Bhp/MMcfd$  es 58. Este valor es igual para las tres etapas pues la relación de compresión es la misma ya que se asumió que no había pérdidas de presión entre etapas.

Sustituyendo en la ecuación 3.7

**1 Etapa:**

$$Bhp /MMscfd = 58 * \left( \frac{14.7}{14.4} \right) * \left( \frac{540}{520} \right) * 0.97 = 59.64$$

$$Bhp \text{ 1 Etapa} = 59.64 * 0.70 = 41.74$$

**2 Etapa:**

$$Bhp /MMscfd = 58 * \left( \frac{14.7}{14.4} \right) * \left( \frac{560}{520} \right) * 0.93 = 59.30$$

$$Bhp \text{ 1 Etapa} = 59.30 * 0.70 = 41.51$$

**3 Etapa:**

$$\text{Bhp /MMscfd} = 58 * \left( \frac{14.7}{14.4} \right) * \left( \frac{582}{520} \right) * 0.90 = 59.64$$

$$\text{Bhp 1 Etapa} = 59.64 * 0.70 = 41.74$$

La potencia total requerida para el compresor es la sumatoria de las potencias individuales por etapa, así:

$$\text{BHP(total)} = 125$$

De la ecuación

$$K_w = \frac{HP}{1.34}$$

Donde:

HP = Potencia de freno del compresor

Kw = Potencia del motor

Se obtiene:

$$K_w = \frac{125}{1.34} = 93.2$$

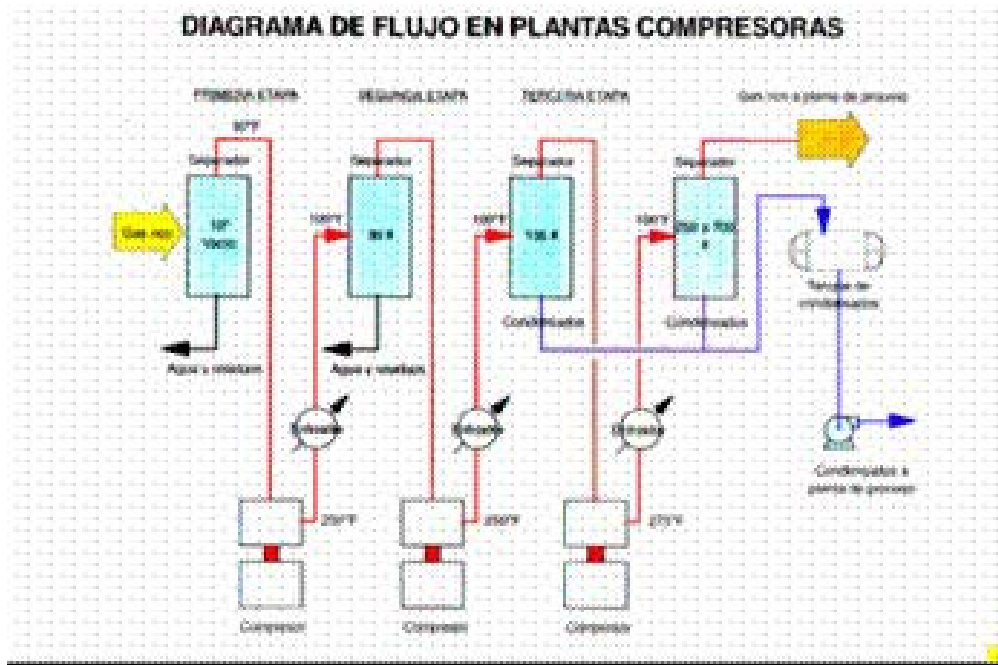
En el siguiente Cuadro se presentan datos de tres de los principales fabricantes de compresores para GNV con amplia trayectoria a nivel mundial, solo se muestran los tipos de compresores que de acuerdo a lo diseñado serían útiles para este sistema.

**Tabla 3.7** Selección de compresores para el diseño propuesto

| <b>ESPECIFICACIONES</b> | <b>FABRICANTE</b>        |                         |                           |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|
|                         | <b>ARIEL</b>             | <b>ASPRO</b>            | <b>SULZER</b>             |
| Tipo                    | Horizontal               | Horizontal              | Horizontal                |
| Modelo                  | A JGM/2                  | IOM 200 3F 110 A        | CT                        |
| Presión de aspiración   | ≅ 7-20 Bar (103-300 psi) | ≅ 6-12 Bar (88-176 psi) | ≅ 11-16 Bar (160-220 psi) |
| Caudal nominal(máx)     | 1200 m <sup>3</sup> /hr  | 1000 m <sup>3</sup> /hr | 1450 m <sup>3</sup> /hr   |
| Presión de descarga     | 250 Bar (3682 psi)       | 250 Bar (3682 psi)      | 250 Bar (3682 psi)        |
| Etapas                  | 3                        | 3                       | 3                         |
| RPM                     | 1500                     | 400                     | 1600                      |
| Potencia                | 112 Kw                   | 117 Kw                  | 112 Kw                    |

Deben estar debidamente soportados de forma tal que permitan expansión, contracción y eviten vibraciones y no limiten las maniobras en los recintos.

**Figura 3. 8** Diagrama de Flujo en Estaciones Compresoras



El compresor es el corazón de la Estación de Servicio. Los más usados son los reciprocantes de 3, 4 o 5 etapas dependiendo de la presión disponible en la red de suministro de gas.

Los compresores más apropiados para el servicio de GNV son los reciprocantes, debido a que pueden manejar volúmenes pequeños a presiones de 3600 psig (250 bares) que son las condiciones para almacenar y abastecer los cilindros de los vehículos y darles una autonomía asimilable a los de gasolina y ACPM.

- La mayoría de los compresores en el mercado del GNV varían en un rango de 5300 a 70630 PCEH (150 a 2000 m<sup>3</sup> estándar por hora).
- La capacidad más usada es de 3530 PCEH (1000 m<sup>3</sup> estándar por hora)
- La capacidad del compresor está determinada por la demanda de abastecimiento (número de vehículos a llenar por hora o por día) dependiendo si se trata de una estación de llenado rápido o de llenado lento.

**Estación de Llenado Rápido:** Son las más comunes y allí es donde se tanquean por lo general los taxis y buses. El gas es comprimido y enviado a los tanques de almacenamiento que están conectados a los surtidores. El llenado de los vehículos tarda entre tres a cinco minutos.

**Estación de Llenado Lento:** El llenado dura varias horas, frecuentemente por la noche. El gas pasa directamente del compresor al punto de llenado.

- **Selección del motor**

Para este sistema se seleccionó como fuerza motriz para el compresor un motor eléctrico de las siguientes especificaciones de acuerdo a la potencia de freno calculada para el compresor.

La potencia de entrega mínima requerida por el motor eléctrico es calculada desde la potencia total de freno del compresor más un 10% para garantizar la fuerza de empuje suficiente para poner en marcha el sistema.

$$Kw = 93.2 + 9.32 = 102.6$$

Algunos motores que pueden cumplir ampliamente con los requerimientos de potencia del compresor se listan en el siguiente Cuadro.

**Tabla 3.8.** Selección del motor para el diseño propuesto

| <b>ESPECIFICACIONES<br/>DEL MOTOR</b> | <b>FABRICANTE</b>  |                    |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|
|                                       | <b>ARIEL</b>       | <b>WEG</b>         |
| Tipo                                  | Eléctrico          | Eléctrico          |
| Potencia                              | 132 Kw             | 175 Kw             |
| RPM                                   | 1500               | 1500               |
| Sistema de arranque                   | Estrella/Triángulo | Estrella/Triángulo |
| Voltaje nominal                       | 440 V              | 440 V              |
| Corriente de arranque                 | -                  | 850 A              |
| Corriente Nominal                     | -                  | 215 A              |

- **BATERÍA DE ALMACENAMIENTO**

Para el almacenamiento de gas natural comprimido (G.N.C.) pueden utilizarse baterías de cilindros en posición vertical u horizontal, cada una con sus respectivas normas de instalación. Este almacenamiento puede conformarse de dos maneras diferentes:

**Batería de almacenamiento de un solo banco :** Cuando un solo banco de almacenamiento suministra el gas comprimido por un único ducto hacia los surtidores de despacho.. Este sistema tiene una capacidad de aprovechamiento del almacenamiento del 20 %.

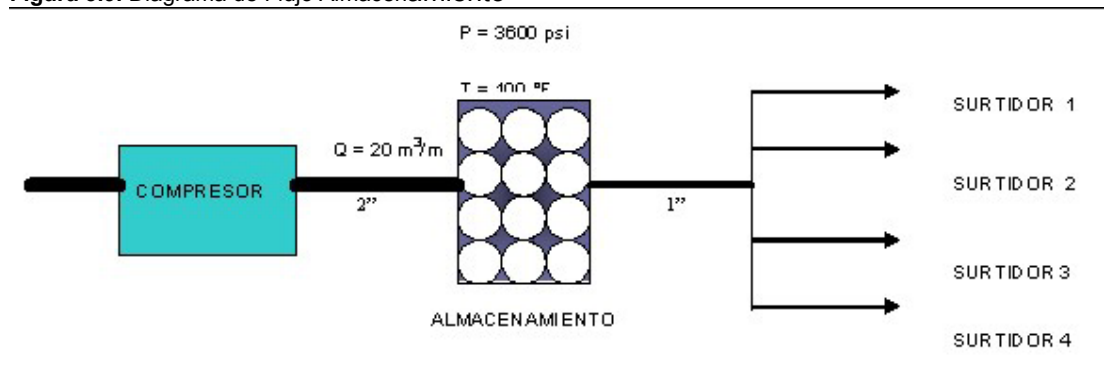
**Batería de almacenamiento en cascada :** Consiste en tres bancos de almacenamiento, bancos de alta, media y baja presión y son los encargados de recibir el volumen de gas que entra a los compresores y lo conduce luego a los surtidores de la isla por medio de tres (3) ductos independientes conectados a los bancos de alta, media y baja. Es el sistema actualmente más popular; se consigue alto aprovechamiento de la capacidad de almacenamiento, entre 45 y 50 %, lo que reduce los arranques del compresor a un mínimo.

- Los cilindros utilizados para estas baterías deben estar diseñados para una presión normal de trabajo de 250 bar y ensayados a 1.5 veces esta presión (375 bar). Además cada cilindro debe estar provisto con su válvula manual de operación.
- La construcción, localización y disposición de los cilindros en la estructura esta regida por la resolución 8 0582 de 1996 del Ministerio de Minas y Energía. Debe cumplir con los siguientes requerimientos legales:
- La salida en cada cilindro de la batería o cascada debe estar conectada al tubo colector de tal forma que el conjunto actúe como una unidad. El colector debe estar provisto de una válvula general de operación, una válvula de seguridad, una válvula de retención y un manómetro.
- Las baterías estarán localizadas sobre una plataforma de hormigón que impida la acumulación de agua debajo de las mismas. Además contarán con una protección perimetral a 1 mt de cada costado, el techo del recinto debe permitir la libre evacuación de eventuales escapes de gas hacia arriba.
- Los materiales de la estructura de soporte deben ser de difícil oxidación, o materiales tratados específicamente para este fin.
- La estructura debe permitir el montaje estable, fijo de los cilindros, pero de fácil desarme para las operaciones de mantenimiento y control de cada cilindro.
- Cuando la batería se encuentre en posición vertical sus dimensiones máximas serán: Longitud 5.50 mts, ancho 1.10 mts y 1.60 de altura. Cuando exista más de una cascada debe existir una distancia mínima de 2 mts entre ellas.
- Si la batería se encuentra en posición horizontal cada cilindro en la estructura debe estar separado por lo menos 0.03 mts, sus dimensiones máximas serán: Ancho 5.50 mts, longitud 2.0 mts y una altura de 1.60 mts.
- Los cilindros en la batería o cascada deben tener igual orientación y la zona de válvulas debe estar ubicada en dirección opuesta a la localización de los surtidores.

- **Selección de la batería de almacenamiento**

La selección de la batería (cascada) de almacenamiento se diseña en base a un volumen determinado que se proyecta despachar. Normalmente para estaciones de servicio con un continuo y alto suministro de gas como en el caso contemplado en este proyecto, que se trata del servicio de transporte urbano de gran capacidad, se requiere de un almacenamiento promedio de 2400 lts de agua en los cilindros de la batería.

**Figura 3.9.** Diagrama de Flujo Almacenamiento



→ Temperatura de salida del compresor : 228 °F = 108 °C  
Asumimos enfriamiento a : 100 °F = 37°C

→ Volumen total de gas en el almacenamiento a P = 3600 psi y T = 560 °R

$$T_{Pr} = 560/359.74 = 1.5$$
$$\rightarrow Z = 0.805$$

$$P_{Pr} = 3600/673 = 5.35$$

Número total de moles en el almacenamiento:

$$n = \frac{P * V}{Z * R * T}$$

$$\rightarrow n = \frac{3600 * 84.7}{0.805 * 10.73 * 560} = 63.04 \text{ moles}$$

Un (1) mol de gas ocupa un volumen de 379.4 ft<sup>3</sup> a condiciones normales, entonces 63.04 moles ocupan un volumen de 23916.6 ft<sup>3</sup> a sc (683.33 m<sup>3</sup> a sc)

→ Volumen de gas que queda en el almacenamiento a P = 3000 psi y T = 100 °F

$$T_{Pr} = 560/359.74 = 1.5$$

$$\rightarrow Z = 0.79$$

$$P_{Pr} = 3000/673 = 4.46$$

Número de moles que quedan en el almacenamiento :

$$n = \frac{P * V}{Z * R * T}$$

$$\rightarrow n = \frac{3000 * 84.7}{0.79 * 10.73 * 560} = 53.52 \text{ moles}$$

Por tanto antes que el compresor se encienda nuevamente, el almacenamiento ha suministrado hacia los surtidores 9.52 moles de gas equivalentes a 3611.88 pies<sup>3</sup> (103.2 m<sup>3</sup>) a condiciones standard.

- **Análisis de la operación de compresión del gas y llenado del vehículo**

Como se había anotado anteriormente, la principal función del sistema de almacenamiento es la de limitar el funcionamiento continuo del compresor y de esta manera ahorrar costos por consumo de energía eléctrica y por desgaste mecánico del equipo.

Un factor importante a tener en cuenta en el diseño se refiere al número de veces que el compresor deba arrancarse por unidad de tiempo, debido a que en el momento en

que se inicia el movimiento del compresor es cuando se da el mayor consumo de energía eléctrica para el funcionamiento del motor; esto hace que deba existir un equilibrio en cuanto a qué es más económico: aumentar la capacidad de almacenamiento o aumentar el número de arranques del equipo por unidad de tiempo para el suministro proyectado.

Inicialmente se calcula la cantidad de gas a condiciones normales que puede entregar la batería durante la caída de presión de 3600 psi a 3000 psi que es el valor límite de la presión para que el compresor tenga que arrancar nuevamente.

Para el diseño trabajado se tiene en el almacenamiento una capacidad máxima de 641.37 m<sup>3</sup> a condiciones standard; de acuerdo a los cálculos el almacenamiento suministra 84 m<sup>3</sup> a condiciones standard de gas antes de que el compresor se encienda, esto significa que dispensando gas por una sola manguera a un caudal promedio de 6 m<sup>3</sup> por minuto (de acuerdo a informaciones de operadores de estaciones existentes, de que el tiempo de llenado es de aproximadamente 15 minutos para tanques de 90 m<sup>3</sup>), cada 14 minutos se encendería el compresor, lo que en la práctica son tiempos normales de trabajo del compresor. Ya queda a criterio del Ingeniero un dimensionamiento diferente del almacenamiento de acuerdo a las necesidades de la estación.

Por otra parte, el compresor envía gas comprimido para llevar el sistema de almacenamiento hasta que se consigue una presión máxima de 3600 psi; luego el gas sigue hasta los surtidores de despacho que se conectan a través de válvulas de acople al vehículo y luego por diferencia de presiones se consigue el llenado hasta que el cilindro de tanqueo (cilindro del vehículo) llega a una presión de 3000 psi.

Las características del vehículo y el kit de conversión son muy importantes e influyen apreciablemente en los tiempos de llenado, existen diversas marcas que se deben elegir muy bien en el momento de hacer la conversión. Partiendo del punto de que se tiene un kit de conversión eficiente, se podría en cierta manera de acuerdo a la capacidad del compresor dar un estimativo del tiempo de llenado.

Para el caso de diseño presentado, el compresor envía gas a la batería de almacenamiento a razón de 20 m<sup>3</sup> por minuto y si las cuatro mangueras de suministro están dispensando gas al mismo tiempo a cuatro vehículos que consumirán 360 m<sup>3</sup> a condiciones standard para lleno completo, se podría aproximar en 18 minutos el tiempo de llenado, aunque esto es llevar la operación a la condición límite de funcionamiento, condición que normalmente no se presenta.

Las características de la batería seleccionada de acuerdo a las condiciones del diseño se relacionan en la siguiente Cuadro. Cabe anotar que este modelo no es único, y puede variar dependiendo de la capacidad requerida por las condiciones proyectadas de demanda de GNC, así como de factores económicos.

**Tabla 3.9** Selección de batería de almacenamiento para el diseño propuesto

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| Numero de cilindros | 24               |
| Marca y tipo        | Cilbras * 100 lt |
| Capacidad total     | 2400 lt de agua  |

|                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| Volumen total de Gas      | 600 m <sup>3</sup> a sc |
| Presión de trabajo máxima | 250 bar (3682 psi)      |
| Bancos de almacenaje      | Uno                     |

- **Selección de los cilindros**

La selección de los cilindros que van a componer la batería, así como de los que hacen parte de los vehículos, debe tener como parámetro básico la presión de operación. Hay que tener en cuenta además que estos cilindros deben ser probados a una presión de 1.5 veces la presión de operación, es decir unos 4500 psi para los de los vehículos y 5400 psi para los de la batería. A continuación se presenta una relación de los más importantes fabricantes de cilindros para GNC y cuyas características de diseño y operación se ajusta a lo que se desea para el proyecto.

- **Cilindros para G.N.C**

Son recipientes de alta presión que almacenan el gas a una presión de aproximadamente 3000 lbs/pul<sup>2</sup>, fuertemente resistentes, con un espesor de pared entre 7 y 9 mm y probados a 1.5 veces la presión de trabajo (4500 lbs/pul<sup>2</sup>). Sus longitudes y diámetros varían de acuerdo con su capacidad de almacenamiento, la que oscila entre 5 y 25 m<sup>3</sup> aproximadamente. Su peso varía acorde con la capacidad del cilindro, llegando a alcanzar los 110 Kg. Poseen una válvula de bronce colocada directamente sobre la boca del cilindro, permitiendo el libre paso de gas desde y hacia los cilindros, son de cierre manual.

Las especificaciones principales se pueden observar en la Tabla 4.9.

La instalación, operación y mantenimiento de los cilindros está regida por la Norma NTC 3847 como sigue:

- Estar contruidos para una presión mínima de operación de 3000 psi (204 bar).
- Deben poseer una válvula de alivio de presión de tipo combinado: disco de ruptura y tapón fusible calibrados a 340 + 10% bar y 100 °C + 4 °C respectivamente.
- Su instalación debe considerar que su localización sea en forma permanente y con el anclaje adecuado de tal forma que no este expuesto a deslizamiento, desplazamiento o rotación. Además que no se produzcan esfuerzos sobre las paredes del recipiente que puedan afectarlo; por esto es que los soportes no deben causar tensión o desgaste sobre la superficie del recipiente.
- La instalación en el automotor no debe proyectarse sobre el punto más alto del vehículo, adelante del eje delantero ni fuera de los costados del vehículo y la distancia mínima al suelo debe ser de 0.50 mts.
- Los cilindros deben ser sometidos a una revisión periódica anual que incluye: inspección visual externa, medición de espesores con equipo de ultrasonidos que verifique que se encuentra en los límites permitidos por la normatividad.
- Una revisión quinquenal que contempla: Despresurización, desválvulado, inspección visual externa para detectar abolladuras, fisuras, corrosión; lavado interno con agua a presión y vapor, control de espesor de pared, inspección interna visual mediante sonda lumínica para identificación de defectos del

material; control de rosca (hilos efectivos, desgaste, cortes etc.), un ensayo hidráulico que evalúa el grado de elasticidad del metal a presión de 4500 psi con agua y durante 1.5 min ; la deformación no debe exceder el 10%. Además el control de masa no debe exceder el 4%.

El espesor mínimo de pared debe ser tal que el esfuerzo originado en esta cuando se aplique el ensayo hidrostático, no exceda el 67% de la resistencia

mínima a la tensión en el caso de cilindros de aluminio y del 85% en el caso de los cilindros de acero, determinado según las propiedades mecánicas. Para el cálculo del espesor mínimo de pared , se debe emplear la siguiente formula:

$$S = \left[ \frac{P(1.3D^2 + 0.4d^2)}{(D^2 - d^2)} \right] \quad \text{Ec 3.13}$$

Donde:

S= Esfuerzo en la pared en Mpa (psi)

P= Presión mínima de ensayo hidrostático en Bar (psig)

D = Diámetro externo en mm (pulg)

d = Diámetro interno en mm (pulg)

Cualquier problema con el cumplimiento de los anteriores puntos conlleva la eliminación de los cilindros.

- **Instalación eléctrica**

El equipo debe tener un sistema de control por medio de un tablero que incluye botoneras locales de parada /arranque y reposición, las luces deben indicar apertura y cierre de las válvulas y funcionamiento del compresor.

Además contará con equipos o circuitos de alarma que indiquen sobre-intensidad del motor, baja presión de aceite , baja o alta presión de entrada y alta temperatura del gas.

El tablero de comando estará en capacidad de permitir la parada o la puesta en marcha del compresor a distancia; contando con luces que indiquen su funcionamiento. Se complementa este sistema con una botonera de parada de emergencia adyacente al local del compresor.

**Tabla 3.10** Selección de cilindros

*Características de cilindros*

| Item | Marca cilindro | Presión servicio barg | Capacidad nominal lts | m3   | Dimensiones<br>Diámetro mm | Alto mm | Peso Kg | Relaciones<br>Peso/capac Kg/m3 | Diam/capac mm/m3 |
|------|----------------|-----------------------|-----------------------|------|----------------------------|---------|---------|--------------------------------|------------------|
| 1    | Inflex         | 200                   | 120                   | 30   | 323                        | 1,720   | 116     | 3.87                           | 10.77            |
| 2    | Inflex         | 200                   | 120                   | 30   | 355                        | 1,450   | 124     | 4.13                           | 11.83            |
| 3    | Inflex         | 250                   | 120                   | 37.5 | 355                        | 1,520   | 158     | 4.21                           | 9.47             |
| 4    | Cilbras        | 200                   | 120                   | 30   | 335                        | 1,635   | 117     | 3.90                           | 11.17            |
| 5    | Cilbras        | 250                   | 100                   | 31   | 340                        | 1,380   | 125.7   | 4.05                           | 10.97            |
| 6    | Faber          | 200                   | 212                   | 53   | 406                        | 1,638   | 220     | 4.15                           | 7.66             |
| 7    | Faber          | 250                   | 140                   | 44   | 358                        | 1,406   | -       | -                              | 8.14             |
| 8    | Faber          | 248                   | 130                   | 33   | 316                        | 1,658   | -       | -                              | 9.72             |
| 9    | Faber          | 248                   | 120                   | 37   | 305                        | 1,642   | -       | -                              | 8.20             |

*Capacidad aprovechable del cilindro*

|                   |      |        |
|-------------------|------|--------|
| Presión máxima    | barg | 200    |
| Presión mínima    | barg | 5      |
| Capacidad nominal | m3   | 53     |
| Capacidad real:   | m3   | 51.675 |

*Por rack de cilindros*

|                     |     |         |
|---------------------|-----|---------|
| Capacidad requerida | m3  | 663     |
| Cant. Cilindros     | un. | 13      |
| Capacidad obtenida  | m3  | 671.775 |

*Dimensionamiento de rack*

|                              | Diámetro cilindro mm | Espacio entre cilindro mm | Espesor soporte mm | No. de filas | No. de columnas | Dimensiones del rack |          |         |
|------------------------------|----------------------|---------------------------|--------------------|--------------|-----------------|----------------------|----------|---------|
|                              |                      |                           |                    |              |                 | ancho mm             | largo mm | alto mm |
|                              | 406                  | 8                         | 75                 | 4            | 3               | 1,814                | 1,400    | 1,938   |
| Capacidad del almacenamiento |                      |                           |                    | 620.1 m3     |                 |                      |          |         |
| Peso de la estructura        |                      |                           |                    | 1,000 Kg     |                 |                      |          |         |
| Peso de los cilindros        |                      |                           |                    | 2,640 Kg     |                 |                      |          |         |
| Peso total                   |                      |                           |                    | 3,640 Kg     |                 |                      |          |         |
| Peso por m3                  |                      |                           |                    | 5.87 Kg/m3   |                 |                      |          |         |

Las normas que deben cumplir las instalaciones eléctricas son las siguientes:

- Las instalaciones en el área de compresión deben ser a prueba de explosión.
- El tablero de control de compresores debe estar fuera del recinto y separado de este por una pared de resistencia adecuada.
- Todas las instalaciones ubicadas en zonas donde puedan estar presentes gases inflamables en forma ordinaria (surtidores, compresores, cascada de almacenamiento etc.) deben adaptarse a las normas ICONTEC 2050, NEC clase 1 división 1.

- **Surtidores**

Estos equipos son los encargados de suministrar el gas regulado a los vehículos convertidos a G.N.C, deben controlar electrónicamente el cierre y apertura de las válvulas de la línea o las 3 líneas de alimentación que provienen del sistema de almacenamiento dependiendo del tipo de batería que fuere usado . Debe contar

además con una válvula de exceso de flujo que corte la salida del gas en caso de que ocurra una rotura de la manguera, y una válvula reguladora que limite la presión de llenado del vehículo. Los requerimientos principales (de acuerdo a la resolución 8 0852 de 1996 de Min-ambiente) que debe cumplir su instalación, operación y mantenimiento son:

- La distancia entre surtidores y linderos de la estación de servicio debe ser de mínimo 5.0 mts, y entre surtidores y línea de construcción definida por el municipio será de 4.0 mts.
- El número máximo de surtidores no debe exceder de 4 de doble manguera o su equivalente en surtidores de 1 manguera.
- El surtidor debe tener aberturas para ventilación en la parte superior e ingreso de aire en la parte inferior.
- Las mangueras con su terminal de acople y su válvula de cierre rápido debe ser apta para operar a una presión normal de 3000 psi (204 bar) y resistente a la acción del gas natural en su cara interna y a las condiciones atmosféricas en su superficie externa.
- La longitud máxima de la manguera con su terminal no debe exceder los 5.0 mts.
- Las mangueras deben resistir una prueba hidráulica semestral a 1.5 veces la presión de trabajo (4500 psi).
- Las mangueras con su terminal de acople y su válvula de cierre debe cumplir con la Norma técnica colombiana correspondiente (9).
- Debe contar con un sistema de medición de flujo másico para efectos de registro de cantidad de gas entregada.
- Su instalación debe ser de tal forma que evite el contacto de las mangueras contra el suelo, debe permitir su enrollamiento o suspensión adecuada. Debe evitar giros o curvaturas inadecuadas de las mangueras y los peligros de abrasión de las mismas.
- El sistema contará con válvulas de cierre automático que corten el flujo de G.N.C ante una eventual rotura de una manguera.

La calibración se hará con un cilindro patrón diseñado para soportar la presión de trabajo y una balanza electrónica debidamente certificada y calibrada por la Superintendencia de Comercio o la autoridad competente para el caso, y el procedimiento será el siguiente:

- Se pesa el cilindro patrón para determinar su peso vacío.
- Se lleva a cero la cantidad marcada en la registradora del surtidor.
- Se realiza la operación de llenado del cilindro patrón con la manguera del surtidor a calibrar.
- Se toma la lectura en la balanza del peso de gas almacenado y en el surtidor la de gas entregado (volumen).
- Si al comparar los dos volúmenes se presenta una desviación mayor o igual al 0.4% la calibración es defectuosa.

- **Selección de surtidores**

---

<sup>9</sup> La boquilla de llenado debe estar acorde con los requisitos de la norma ANSI/AGA/CGA NGV1 “Compressed, natural gas vehicle. Fueling connection devices”

Algunas de las características principales que han sido la base de la selección del tipo de dispensadores de GNV para esta estación son las siguientes:

- Alta confiabilidad de la manguera del dispensador, buen recubrimiento externo e interno que garantice la durabilidad y el seguro funcionamiento de la operación.
- Alta rata de flujo con una alta precisión en la medición del caudal.
- Sistemas de compensación por cambios de presión y temperatura.
- Sistema modular de avanzado diseño y de fácil acceso para facilitar las tareas de mantenimiento y solución de problemas.
- Control de llenado, que permita alcanzar más de un 90% del volumen del tanque y que a la vez permita reducir los tiempos de llenado.
- Que estén habilitados para introducir en el sistema opciones de interfase.

En base a estos parámetros se puede hacer la selección del surtidor dependiendo de los productos presentes en la industria, a continuación se presentan algunos de los tipos de surtidores que cumplen ampliamente con los requerimientos del sistema proyectado.

**Tabla 3.11** Selección de surtidores para el diseño propuesto

| ESPECIFICACIONES                | FABRICANTE                                                                                    |                                                    |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                                 | SULZER                                                                                        | ASPRO                                              |
| Tipo                            | JBB 20AB-P                                                                                    | AS 120 D                                           |
| Número de mangueras disponibles | 2                                                                                             | 2                                                  |
| Dimensiones<br>L*B*H(pulgadas)  | 36 * 25 1/4 * 94                                                                              |                                                    |
| Peso (Kg)                       | 300                                                                                           |                                                    |
| Temperatura de operación        | -25 a 50 °C                                                                                   |                                                    |
| Presión de diseño del sistema   | 3600 psi                                                                                      | 3600 psi                                           |
| Manguera de llenado             | 3.1 a 5.0 m de long.                                                                          |                                                    |
| Válvulas de seguridad           | Exceso de flujo, caída rápida de presión, ruptura.                                            | Sistema de corte para 200 Bar - Válvula Break Away |
| Medidor                         | Flujo másico (tipo coriolis).<br>Precisión +/- 1.5%                                           | Másico Micro motion DH 38<br>0.3%                  |
| Filtro de entrada               | 25µm                                                                                          |                                                    |
| Conexiones                      | Línea de 230 V<br>líneas de gas (25 mm)<br>Línea de purga (1 ½ pulg)<br>Sistema de emergencia |                                                    |

Los surtidores pueden ser instalados en una isla de hormigón, en número de dos (2) surtidores por isla (4 mangueras), con los correspondientes protectores mecánicos en las cabeceras. Además tendrán la válvula de seguridad correspondiente y cumplirán con las dimensiones mínimas establecidas.

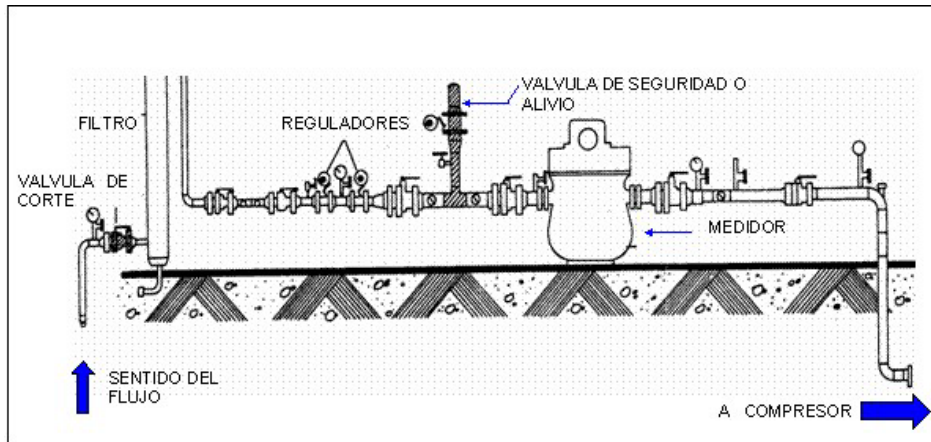
- **Componentes del puente de regulación y medición**

El puente de regulación y medición constará de las siguientes partes: una válvula de corte localizada en el punto donde el gas entra desde el tubo matriz a la estación, un

filtro para “limpiar” el gas antes de su regulación que puede ser tipo flangeado CFR 275 de 3” de diámetro, cuerpo de acero y presión de operación 275 psi; los reguladores que estabilizarán la presión alrededor de los 170 psi requeridos para la correcta aspiración y operación de los compresores serán del tipo Z; una válvula de seguridad o alivio de presión y un medidor de desplazamiento positivo (diafragma) que se encargará de controlar la cantidad de gas que entra a la estación (ver figura 4.11).

Este puente puede estar localizado en la entrada de la estación o en la parte externa del bunker donde se localizan los equipos de GNC.

**Figura 3.10** Puente de regulación y medición



- **líneas de flujo**

La siguiente es la normatividad para las líneas de flujo :

- Las tuberías a utilizarse serán de acero, sin costura de sección suficiente y aptas para operar a presión de trabajo de 250 Bar (3600 psi aprox.).
- Deben estar debidamente soportados de forma tal que permitan expansión, contracción y eviten vibraciones y no limiten las maniobras en los recintos.
- Desde el área de compresión hasta el área de surtidores serán instaladas en forma subterránea o en canales preparados en el terreno.
- La línea de suministro de gas al compresor debe poseer una válvula de cierre manual de fácil acceso ubicada fuera de área de compresores.
- Realizar prueba hidráulica al tramo de tubería que conduce el gas a alta presión a 1.5 veces la presión de trabajo durante 24 horas continuas para verificación de fugas a través de juntas soldadas.
- Los rangos de temperaturas de diseño deben estar entre  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $65^{\circ}\text{C}$  para tubería enterrada y de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $65^{\circ}\text{C}$  para tubería superficial.
- El espesor mínimo de la tubería debe estar de acuerdo con los requerimientos de la norma ANSI /ASME B31.1 ó B31.3 ó la norma técnica equivalente.
- La tubería debe estar protegida contra corrosión y daños que pudieran provocar agentes externos.
- Se permite instalar tuberías en zanjas y trincheras preparadas en el terreno siempre y cuando tengan la pendiente y el drenaje adecuados para evitar la acumulación de aguas lluvias.

- Las líneas de entrada y salida del compresor no deben estar sometidas a niveles de vibración mayores que 10 m /s RMS.

- **Diámetro de línea**

Cuando se escoge un diámetro de línea es necesario tener en cuenta tanto la capacidad de presión como la velocidad de flujo, la línea necesita ser lo suficientemente grande para que la presión disponible pueda manejar el fluido a través de ella.

Para escoger un diámetro directamente por reajuste de la ecuación para caída de presión en líneas de gas con  $(\Delta P / P_1) < 10\%$  está dada por:

$$d^5 = \frac{1260 * SG * T * f * Q_g^2}{P * \left( \frac{\Delta P}{100} \right)} \quad \text{Ec 3.14}$$

Donde:

d = diámetro interno ( pulg ).  
 SG = Gravedad Especifica del Gas.  
 T = Temperatura ( °R ).  
 f = factor de fricción Moody.  
 Q<sub>g</sub> = rata de flujo de gas ( MMscfd )  
 P = presión (psi)  
 ΔP/ 100 = Caída de presión deseada por 100 pies.

Típicamente las velocidades del gas oscilan entre 60-80 pie / seg.

La velocidad erosional debido a pequeñas cantidades de líquido en el gas puede ser calculada desde la siguiente ecuación:

$$V_e = 0.6C(T / SP)^{1/2} \quad \text{Ec 3.15}$$

Donde:

V<sub>e</sub> = Velocidad erosional pie / seg.  
 C = constante de flujo erosional  
 T = Temperatura °R  
 S = gravedad especifica a condiciones standard  
 P = presión ( psia )

Para la mayoría de los casos con presiones menores que 1000 a 2000 psi, la velocidad erosional puede ser más grande que 60 pies / seg y el criterio erosional no gobierna.

A altas presiones, puede ser necesario chequear además la presencia de CO<sub>2</sub> en cantidades tan bajas como 1 o 2 %, la velocidad debe ser limitada a menos de 50 pies/seg.

La velocidad actual del gas puede ser determinada por:

$$V = \frac{60 * Q_g * T * Z}{d_p^2} \quad \text{Ec 3.16}$$

Z = compresibilidad del gas

Los diámetros nominales estándar (NPS) son los siguientes: NPS 2, 3, 4, 6, 8, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 42, 48, 52, 54, 60 pulgadas. Los diámetros nominales más usados son: NPS 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, 20, 24, 30, 36 y 42 pulgadas.

La relación entre flujo y diámetro puede ser expresada como:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = 0.98 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^{2.5} \quad \text{Ec 3.17}$$

Donde Q1 y Q2 son tasas de flujo y D1 y D2 son los diámetros internos de tubería. Si no se dispone de los diámetros internos se pueden usar los externos, lográndose una buena aproximación (ver Cuadro 4.11).

**Tabla 3.12** Relación entre diámetro de tubería y tasa de flujo

| REL DIAM. NOM. | D <sub>2</sub> / D <sub>1</sub> | Q <sub>2</sub> / Q <sub>1</sub> |
|----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| NPS 20/16      | 1.25                            | 1.70                            |
| NPS 24/20      | 1.20                            | 1.55                            |
| NPS 30/24      | 1.25                            | 1.70                            |

- **Criterio para espesor de pared**

Después de la selección del diámetro interno, se hace necesario escoger una tubería con suficiente espesor de pared de tal forma que pueda soportar la presión interna.

A continuación se muestra una lista de los standards usados más comúnmente:

- ANSI B 31.4 Liquid petroleum transportation piping systems
- ANSI B 31.8 Gas transmission and distribution piping systems. Este es normalmente usado para líneas de gas en facilidades de producción y cuando se transporta o distribuye gas.
- ANSI B 31.3 Chemical plant and petroleum refinery piping. Es la más severa en cálculo de espesor de pared requerido.

La ecuación equilibrando las fuerzas puede ser expresada por:

$$2\sigma tL = P(do - 2t) \quad \text{Ec 3.18}$$

Donde:

$\sigma$  = Hoop Stress ( psi ) ➔ El Hoop Stress es considerado un stress uniforme sobre el espesor de la pared.

t = espesor pared (pulg )

P = presión interna ( psi )  
do = diámetro externo ( pulg )  
L = longitud tubería ( pie )  
Reajustando obtenemos:

$$t = (P * do / 2 * (\sigma + P)) \quad \text{Ec 3.19}$$

### ANSI B 31.3

$$t = \left[ t_c + t_{th} + \frac{Pdo}{2(SE + PY)} \right] * \left[ \frac{100}{100 - Tol} \right] \quad \text{Ec 3.20}$$

Donde:

t = espesor requerido ( pulg ).  
T<sub>c</sub> = corrosión permitida ( pulg ) normalmente 0,05 pulg.  
T<sub>th</sub> = valle o profundidad ( pulg ).  
P = presión interna ( psi ).  
S = stress permitido para material ( psi )  
E = factor unión soldada  
= 1.00 para SEAMLESS  
= 0.85 para ERV  
Y = 0.4 Materiales terrosos bajo 900°F  
Tol = Tolerancia fabricantes  
=12.5% API 5L tubería hasta 20 in.  
=10% API 5L tubería más grande de 20 in.

### ANSI B 31.8

El espesor de pared está dado por:

$$t = (P * do) / (2(F * T * E * S)) \quad \text{Ec 3.21}$$

Donde:

S = mínimo yield strenght de tubería ( psi )  
F = factor por tipo de construcción Cuadro  
E = factor de unión  
=1.0 seamless  
,ERW  
=0.80 para fusión eléctrica y doblaje horno  
=0.60 tubería empalmada en horno.  
T = factor de temperatura Cuadro

Para determinar el espesor de pared para un diámetro de tubería seleccionado y a una presión de diseño, se puede usar la formula de Barlow:

$$Wt = OD * DP / 2 * Y * F \quad \text{Ec 3.22}$$

Donde:

W<sub>t</sub> = Espesor de pared, pulg.  
OD = Diámetro externo, pulg.

DP = Presión de diseño, psig.  
 Y = Presión de punto de elasticidad de tubería, psig  
 F = Factor de diseño, normalmente se usa 0.72

**Tabla 3.13** Espesor mínimo para tuberías de acero.

| <b>DIAMETRO NOMINAL</b> | <b>DIAMETRO EXTERNO mm.</b> | <b>MINIMO ESPESOR LINEA</b> | <b>MINIMO ESPESOR ESTACION COMPRESORA</b> |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|
| NPS2                    | 63.5                        | 3.2                         | 5.5                                       |
| NPS3                    | 88.9                        | 3.2                         | 5.5                                       |
| NPS4                    | 114.3                       | 3.2                         | 6.0                                       |
| NPS6                    | 168.3                       | 3.2                         | 7.1                                       |
| NPS8                    | 219.1                       | 4.0                         | 8.2                                       |
| NPS10                   | 273.1                       | 4.8                         | 9.3                                       |
| NPS12                   | 323.9                       | 4.8                         | 10.3                                      |
| NPS14                   | 355.6                       | 5.3                         | 11.1                                      |
| NPS16                   | 406.4                       | 5.6                         | 12.7                                      |
| NPS18                   | 457                         | 5.6                         | 12.7                                      |
| NPS20                   | 508                         | 5.6                         | 12.7                                      |
| NPS22                   | 559                         | 5.6                         | 12.7                                      |
| NPS24                   | 610                         | 6.0                         | 12.7                                      |
| NPS26                   | 660                         | 6.4                         | 12.7                                      |
| NPS28                   | 762                         | 6.7                         | 12.7                                      |
| NPS30                   | 864                         | 7.3                         | 12.7                                      |
| NPS34                   | 914                         | 7.9                         | 12.7                                      |
| NPS36                   | 1067                        | 8.2                         | 12.7                                      |
| NPS42                   | 1219                        | 9.0                         | 12.7                                      |

- **Válvulas y Accesorios**

Las válvulas y accesorios utilizados en las estaciones de servicio de gas natural comprimido vehicular (G.N.C.V) están sujetas a la siguiente normatividad:

- No se admiten válvulas o accesorios contruidos en hierro fundido; solo se aceptaran el acero y el bronce forjado siempre y cuando se adapten electroquímicamente a los materiales circundantes.
- Las válvulas de bloqueo serán instaladas lo más próximo posible a cilindros y compresores y en sitios de fácil acceso.
- Las válvulas de seguridad deben ser instaladas en baterías de cilindros, compresores sistemas de regulación, tuberías y en cualquier otra parte donde sea necesaria la protección contra sobre presiones.
- Las válvulas de seguridad deben ser del tipo de accionamiento a resorte y sé calibraran al 10% de la presión graduada o de trabajo del equipo o elemento a proteger.
- Válvulas de exceso de flujo como protección en todas las conexiones de salida de la cascada de almacenamiento deben ser instaladas para evitar los riesgos resultantes de escapes a la atmósfera.
- Se debe provocar el bloqueo del fluido cuando el caudal alcance un valor el 10% por encima del normal de operación.

- Las conexiones a los cuales los dispositivos de alivio estarán conectados, tales como bridas, boquillas tuberías de descarga para venteo y otros tendrán dimensiones internas que no disminuyan el área neta de alivio.
- La descarga de todos los dispositivos de alivio no terminarán en o debajo de un edificio o en un área cerrada.
- Las válvulas de seguridad deben tener inscrito:
  - Nombre del fabricante.
  - Presión de ajuste en Bar y Psi.
  - Caudal de aire en m<sup>3</sup> por minuto a condiciones estándar (15<sup>0</sup>C y 1 Atm)
  - Mes y año de calibración.
  - Las válvulas de exceso de flujo deben tener inscrito:
    - Nombre del fabricante.
    - Modelo.
    - Caudal máximo que permite pasar la válvula.
    - Fluido de trabajo.
    - Presión de trabajo.
    - Mes y año de fabricación.

La variedad en los diseños de válvulas dificultan la elaboración de una clasificación completa. Si las válvulas se clasifican según la resistencia al flujo; las que presentan un paso directo, como las de compuerta, bola, macho y de mariposa pertenecerían al grupo de baja resistencia y las que tienen un cambio en la dirección de flujo como las de globo y angulares están en las de alta resistencia.

Los acoplamientos o accesorios para conexión se clasifican en: de derivación, de reducción, de ampliación y de desviación. Los accesorios como tees, cruces, codos con salida lateral etc., pueden clasificarse como de desviación. Los conectores de reducción o ampliación son aquellos que cambian de superficie de paso del fluido; Aquí se incluyen las reducciones y manguitos. Los accesorios de desvío como curvas, codos, curvas en U etc. Son los que cambian de dirección de flujo. Existen además conexiones y uniones que no presentan resistencia al flujo.

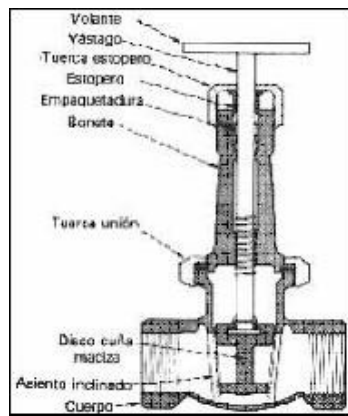
#### • Selección de Válvulas

Las válvulas sirven para oponer una restricción al flujo de fluidos y, por tanto, siempre hay una caída de presión relacionada con el flujo en la válvula. Dado que la válvula actúa como un absorbedor de energía en relación con el proceso, debe ser adecuada no sólo desde el punto de vista de contener al fluido en condiciones estáticas de presión, temperatura, corrosividad etc., sino también en las condiciones dinámicas de velocidad, caída de presión, erosión, etc.

El tipo requerido de servicio junto con las condiciones de funcionamiento determina la selección del tipo de válvula. Algunos tipos de válvulas más utilizadas en una estación de GNC se muestran a continuación.

#### • Válvulas de compuerta:

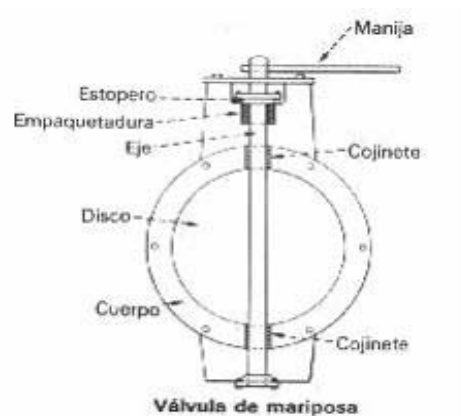
**Figura 3.11.** Válvula de compuerta



Consisten en un disco que tiene movimiento alternado en el cuerpo. Por lo general se utilizan para servicio de cierre y no estrangulación (ver figura 4.11). Cuando estas válvulas están abiertas del todo tienen una caída de presión equivalente a la de una sección de tubo. Estas válvulas están disponibles con vástago elevable y no elevable; el primero requiere mayor altura en la instalación, pero las roscas no están expuestas al fluido del proceso. En las de vástago elevable es difícil determinar el grado de apertura. Con apertura total y en el manejo de pastas aguadas, se acumulan los sólidos en la cavidad del asiento e impiden el cierre total. Estas válvulas se fabrican en tamaños grandes hasta de 2 ft de diámetro, sin embargo su capacidad de presión es un tanto baja. Las ventajas principales de este tipo son peso reducido, poca caída de presión y economía.

- **Válvulas de mariposa**

**Figura 3.12.** Válvula de mariposa



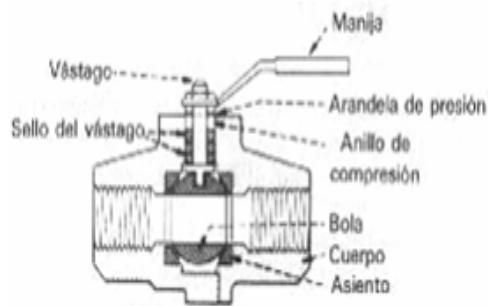
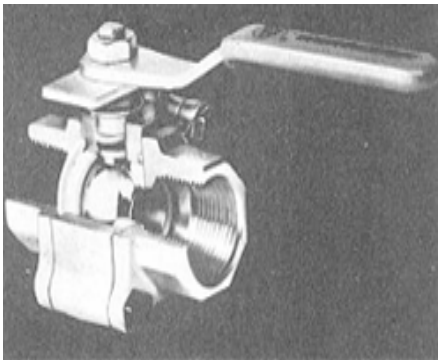
Estas válvulas junto con las de bola, han compartido gran proporción de los esfuerzos de investigación y desarrollo. Las válvulas de mariposa son sencillas y pequeñas, de poco peso y bajo costo (ver figura 3.12). Su circulación rectilínea minimiza la acumulación de sedimentos y produce poca caída de presión. Los tipos más recientes son para el manejo de grandes volúmenes de líquidos, gases y pastas pesadas.

Disponibles en tamaños desde 2 pulg hasta mas de 2 ft. Incluye temperaturas de 1000°F a -32°F, cierre hermético a  $1 \times 10^{-5}$  torr y presiones de hasta 1500 psi.

- **Válvulas de bola:**

La válvula de bola tiene ventajas inherentes de baja torsión de operación, buenas características de estrangulación y capacidad para alto volumen de flujo. Las limitaciones de estas válvulas suelen estar en la resistencia estructural de los materiales para los asientos. Los dos tipos básicos son la válvula de bola giratoria y la de bola enjaulada (ver figura 3.13).

**Figura 3.13** Válvula de bola

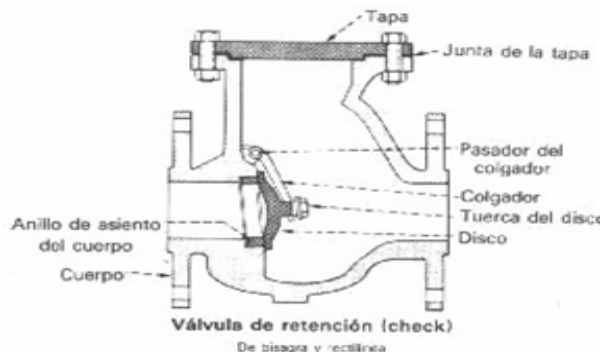


Presentan un cierre hermético y buenas características de flujo, por ello a menudo se usa como válvula combinada de estrangulación y cierre.

No requieren lubricación y funcionan con un mínimo de torsión. Casi siempre la bola es flotante y el sello se logra con la presión de corriente arriba que empuja la bola contra el anillo de asiento.

- **Válvulas de retención**

**Figura 3.14.** Válvula de retención



Las válvulas de retención son integrales y de acción automática para impedir la inversión de flujo. Las válvulas de retención por elevación son las más utilizadas en servicios de alta presión y en tuberías pequeñas (ver figura 4.14). Tienen cuerpo de globo y funcionan por gravedad. Pueden instalarse de forma horizontal o vertical.

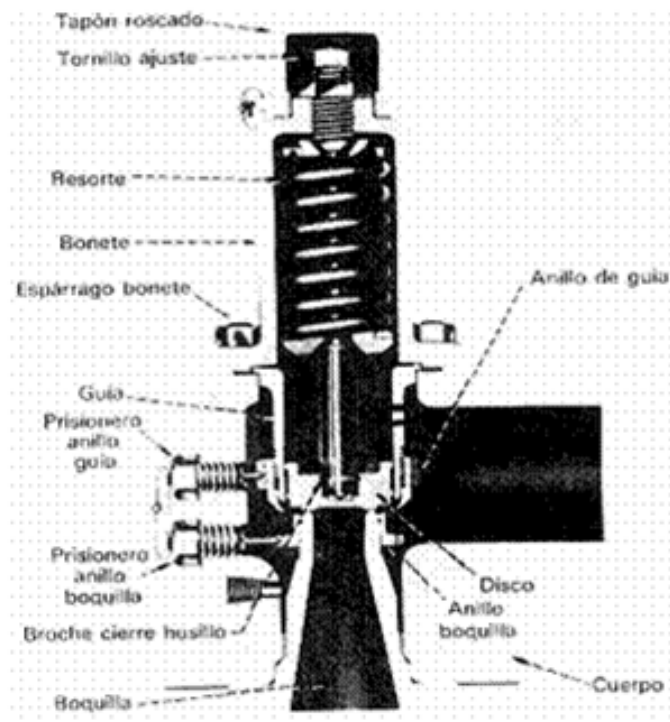
Las válvulas de retención para exceso de flujo se instalan en la tubería y actúa en forma automática para evitar volúmenes altos de flujo en avance. El disco de la válvula se mantiene abierto con un resorte. Estas válvulas se encuentran disponibles en presiones hasta 10000 psi y temperaturas hasta de 300 °F.

Dispositivos de alivio de Seguridad:

La ASME las define como “Un dispositivo de alivio ó desahogo automático, accionado por presión”.

La aplicación más grande de este tipo de válvula se da en los recipientes de presión sin fuego según el código ASME. También se utilizan en la descarga de bombas y compresores de desplazamiento positivo para la dilatación térmica de líquidos o gases y para servicio general con vapores o aire, para lo cual deben estar equipadas con una palanca de elevación.

**Figura 3.15.** Dispositivo de alivio de presión



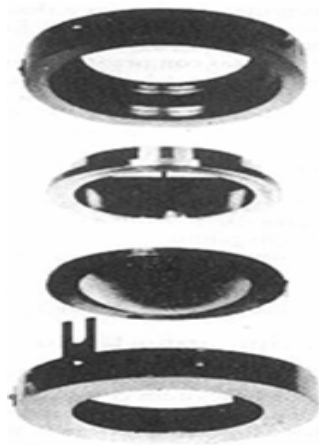
Esta válvula opera bajo carga de resorte, la apertura aumenta en forma gradual cuando la presión aumenta más del valor graduado (ver figura 4.15). La válvula después dispara y abre del todo con una ligera sobrepresión y permanece abierta hasta que la presión baja a un valor definido y después cierra por completo, esto siempre y cuando se maneje un fluido compresible.

- **Discos de Ruptura**

Un disco de ruptura consiste en un sujetador y un disco metálico destinado a romperse o fracturarse a la presión de desahogo (ver figura 4.16). Pueden utilizarse para proteger recipientes con presiones de diseño muy altas que exceden mucho la capacidad de las válvulas. Se utilizan en los cilindros de almacenamiento de GNC.

Los discos de ruptura se pueden utilizar por si solos o en combinación con una válvula de desahogo. Pueden conseguirse preabombados, de tres componentes y normales. La presión de ruptura varía directamente con el espesor y en forma inversa con el diámetro. Las bridas para sujetar el disco e instalarlo en un sistema a presión son de muchos tipos. Las más comunes son de tipo atornillado, de unión y de tipo tornillo y pueden instalarse en el sistema con soldadura o conexiones roscadas.

**Figura 3.16.** Discos de Ruptura



Los sistemas de alivio de presión protegen al personal y al equipo contra un funcionamiento anormal de un proceso. Algunas condiciones que pueden provocar presiones excesivas son:

- Exposición al fuego u otras fuentes externas de calor.
- Calentamiento o enfriamiento del gas por expansión o compresión.
- Falla mecánica de los dispositivos de seguridad normales, malfuncionamiento del equipo de control u operación manual incorrecta.
- Exceso de gas en el sistema.

El diseño del sistema de alivio debe tener en cuenta los siguientes factores:

- Normas Técnicas: locales, estatales y de las entidades encargadas de su regulación
- Capacidad de descarga de cada válvula cuando ocurren presiones anormalmente altas
- Características de funcionamiento de las válvulas de alivio

- Sobre presiones de diseño de los equipos del proceso que requieran protección contra ellas
- Propiedades químicas y físicas de los vapores y gases del sistema

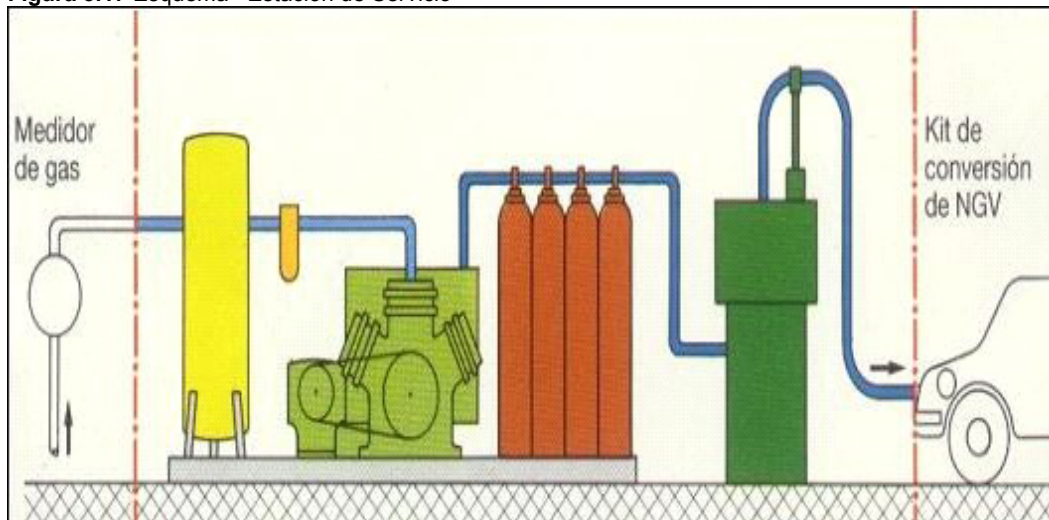
- **Caracterización de los componentes del sistema**

Los equipos a instalar son suministrados por la compañía ASPRO GNC, que cuenta con el montaje de más de 280 estaciones de compresión en Argentina, con lo cual da una idea de la solidez de la empresa, y que además se caracteriza por el perfeccionamiento de las características técnicas y de seguridad de los equipos de compresión y que constituyen la base de la gran aceptación de ASPRO en Latinoamérica.

El Equipo Aspro de tipo estándar para estaciones de GNCV, se instala en un recinto o caseta construida en mampostería cumpliendo con la resolución N 80582 del Ministerio de Minas y Energía y en un área aproximada de 53 m<sup>2</sup>.

La estructura básica de una estación de servicio consta de tres áreas específicas: Regulación del gas, compresión, almacenamiento y área de despacho (ver figuras 3.18 a 3.21). La disposición de los equipos depende de las características especiales de diseño de la estación; sin embargo las áreas de trabajo y los equipos básicos de operación son los mismos para todas las estaciones.

**Figura 3.17** Esquema– Estación de Servicio

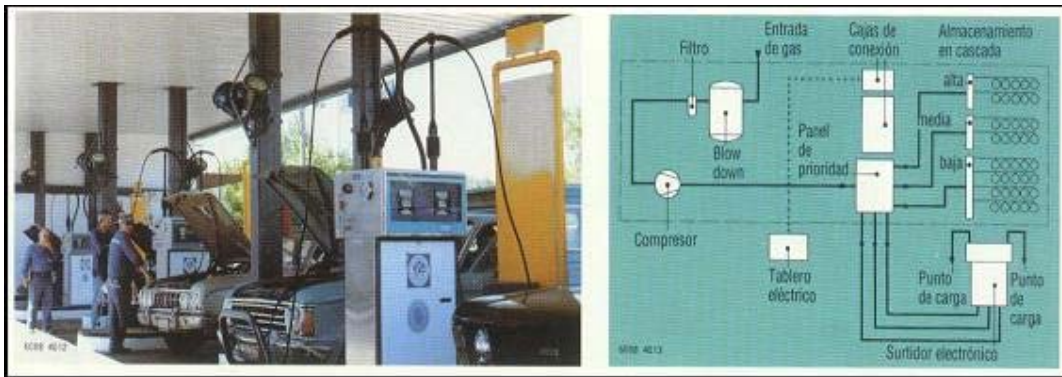


**Figura 3.18** Equipos Requeridos en la Estación Compresora de Gas Natural Vehicular



Fuente: ASPRO GNC.

**Figura 3.19** Sistema de carga rápida de GNCV, con 3 bancos de almacenamiento



Fuente: SULZER BURCKHARDT

- **Equipos Seleccionados**

En la estación de servicio El Carmen, se instalarán equipos de gas natural vehicular marca ASPRO, el cual incluye sistemas de regulación, compresión y almacenamiento de gas natural. Estos equipos serán instalados en un espacio especialmente diseñado para su protección y con distancias laterales suficientes para facilitar los servicios de mantenimiento y operación del equipo.

La utilización del gas natural comprimido, GNC como combustible automotor, requiere de un procedimiento completo que abarca el diseño, la construcción y el montaje de equipos especiales que garantizan el correcto manejo y despacho del combustible; así como equipos con características específicas que proveen la seguridad de los procesos. A continuación se hace una descripción general de la planta y los equipos básicos que componen la estación de servicio para abastecimiento de GNC.

- **Puente de regulación y medición.**

Para el control del consumo de gas en la estación incluye una estación de regulación y medición (ERM), cuyo objeto principal es la correcta medición del gas y la alimentación a la unidad compresora de gas, con una presión de suministro regulada facilitando la marcha regularizada del compresor y un rendimiento constante del mismo.

El puente de medición consiste en una tubería sin costura calidad API 5L grado B Schedule 40, o equivalente, de 2" de diámetro nominal que se conecta mediante brida de 2" x 300 al punto de abastecimiento de la red de distribución de gas natural. Esta tubería se bifurca en dos ramales por medio de una conexión Tee.

La rama de medición cuenta con una válvula de corte de tipo esférico. A continuación se encuentra instalado un filtro coalescente con manómetro diferencial de presión, y seguidamente se colocan el regulador trabajador y el monitor con su válvula shut off, y luego el carrete de 17 cms dispuesto para la instalación del medidor de caudal y la unidad correctora correspondiente, cuya función consiste en convertir el consumo de gas a condiciones estándar de presión y temperatura. A la salida de este ramal se dispone de una válvula esférica de 2" de diámetro que junto con la instalada al comienzo permite aislar totalmente el ramal.

La segunda rama (by-pass) tiene una válvula esférica y una de globo, así como una placa ciega de cierre, que imposibilita la apertura del ramal sin la autorización de la empresa distribuidora de gas local.

Los dos ramales se encuentran en un punto de unión a partir de la cual se dispone de una válvula de bloqueo con comando servo asistido. Por ultimo antes de la brida de conexión a la unidad compresora se instala una válvula de cheque o anti-retorno por clapeta.

Los elementos y accesorios son ANSI 300; cuenta con los respectivos certificados y una vez ensamblada la ERM se realizan los ensayos no destructivos pertinentes y una prueba hidrostática cuya certificación es incluida en la entrega del equipo.

**Figura 3.20** Puente de Regulación



- **Tanque de recuperación (Blowdown)**

Este recipiente de recuperación se instala con el fin de minimizar los cambios de presión del gas en la tubería de entrada durante la carrera de aspiración del

compresor y para recuperar el gas purgado de los cilindros compresores cuando se detiene la máquina.

El tanque posee el volumen suficiente para almacenar el gas proveniente de la línea, de la descarga de los cilindros y de los separadores de etapa del compresor al producirse la detención. El tanque esta provisto de: una válvula de alivio de presión a resorte, un manómetro 0-40 Bar diámetro 63 mm Bourdon de acero inoxidable y válvula de seguridad. La presión de diseño del tanque es alrededor de 300 psi.

El tanque tiene dos funciones principales:

- Es un depósito donde llega el gas de una tubería de dos (2) pulgadas de diámetro, y en el momento de iniciar la operación el compresor encuentra volumen suficiente utilizable.
- Al detenerse el proceso o ciclo de compresión, el gas residual en las tuberías del compresor vuelve al tanque de forma que no fluya a la atmósfera contaminándola.

- **Compresor**

El compresor es el encargado de recibir el gas a una presión estabilizada en el área de medición y regulación de 14 Bar (205 psi) y comprimirlo hasta 250 Bar (3600 psi) de presión de descarga. Cuenta con sistemas de protección por baja succión o sobrepresión que cortará el suministro de energía eléctrica cuando la presión alcance valores peligrosos o no compatibles con los rangos normales de operación. La salida del compresor esta provista de una válvula de seguridad por alivio de presión calibrada a un 10% por encima de la presión máxima de operación; posee además un sistema que lo pone fuera de servicio en un lugar de fácil acceso. También tiene un sistema de amortiguación de pulsaciones y aislamiento de ruido que evita la necesidad de construir sistemas alternos para mitigación de estos efectos.

Figura 3.21 **Compresor ASPRO para la Estación El Carmen**



Para una presión mínima de 8 bar (120 psi), que es la presión crítica en las líneas troncales de acero en la mayoría de las ciudades del país, se recomienda la utilización de un compresor ASPRO GNC modelo IODM 115-3-6 que opera normalmente con presiones de succión entre 4 y 8 bar.

Para el proyecto, este compresor se entrega con motor eléctrico de 11Kw para una tensión de 440 V y Hz. El motor es a prueba de explosión, protección IP 55, con termistores de protección embobinada y rodamientos, todo controlado en el PLC .

El compresor viene equipado con un volante de 690 mm, lo cual permite que las revoluciones varíen entre 600 y 1000 r.p.m utilizando poleas de diferente diámetro, acopladas al motor. El rendimiento mas elevado del compresor es de  $970\text{Nm}^3$  / hora, que se obtiene a una presión máxima de operación de 8 bar.

El compresor IODM 115-3-6 es del tipo horizontal, reciprocante, de 3 etapas, 3 cilindros, y una carrera de 115 mm. Su peso es de 4.200 Kg. Aproximadamente y sus dimensiones 2000 x 2600 x h 2220 mm. La presión de descargue es de 250 bar (3600 psi), que es la exigida para los equipos de GNV.

El gas pre- regulado entre 4 y 8 (60 – 120 psi) bar ingresa a una primera etapa de compresión de doble efecto, de cual sale una presión de 70 Kg. /  $\text{cm}^2$ , pasando por el enfriamiento y el condensador para ingresar a una segunda etapa que eleva la presión a  $140\text{ kg/cm}^2$ . se repite el procedimiento anterior y en la tercera etapa se llega ala presión final de 250 bar.

El compresor tiene un recipiente condensador (que separa el aceite del gas) por cada etapa de compresión. Cuenta por válvulas de seguridad por sobre presión, las cuales se accionan cuando el gas supera el 10% de la presión normal de trabajo. Adicionalmente dispone de un interruptor de vibración que se acciona al censar vibraciones del equipo que exceden el rango tolerado, deteniendo la maquina.

Como características sobresalientes de este compresor, además de la ausencia de vibración y del sistema de enfriamiento, pueden citarse la simplicidad en el montaje y en las labores de operación y mantenimiento, el conexionado centralizado en una misma línea, la instalación eléctrica intrínsecamente segura, el tanque pulmón incorporado, el detector de vibraciones, los reguladores de espacios nocivos en primera y segunda etapa, las válvulas de cierre y despresurizado automática, el tanque recuperador de condensados y el filtro de entrada al tanque pulmón.

Los compresores ASPRO se caracterizan igualmente por su fácil accesibilidad a cada uno de los componentes, lo que trae como consecuencias que las operaciones de revisión, los cambios de aceite y la sustitución de partes sea una labor sencilla y rápida de ejecutar.

El compresor está montado sobre un chasis y bastidor de gran resistencia, lo que protege contra daños mecánicos y evita los esfuerzos de torsión que puedan llegar a afectar la nivelación del equipo y el correcto balanceo y el centrado de los ejes. Los compresores ASPRO de ultima generación no requieren basamento y son prácticamente libres de vibración ya que están apoyados sobre elementos aisladores del tipo GERB W1F-443, que es fundación elástica sin ninguna sujeción especial

sobre la carpeta del hormigón de nivelación la fundación elástica garantiza la reducción del nivel de vibraciones mayor del 90% con relación a una fundación rígida tradicional en hormigón (medido con porcentaje de fuerza dinámica filtrada por el asentamiento elástico) y debido a la cantidad de los apoyos ya que las cargas se transfieren en forma repartida al piso.

El aero-enfriador permite obtener un nivel de ruido que cumple con las mas exigentes normas de las autoridades ambientales de los países en donde se han instalado compresores ASPRO. Los niveles de ruido son inferiores a los mínimos permisibles, siempre y cuando se sigan las instrucciones sobre instalación, y en caso necesario, se utilicen las distancias de los doctos de disipación de ruidos y/o la insonorización con materiales adecuados.

Las características técnicas del compresor son las siguientes:

- Modelo: IODM 115-3-6
- Presión de aspiración: 4 a 8 bar
- Rendimiento máximo: 970 Nm<sup>3</sup> / hora 8 bar
- Rendimiento mínimo : 685 Nm<sup>3</sup> / hora 4 bar
- Tanque compensador de presión incorporado
- Motor eléctrico de 114 Kw antiexplosivo, con termistores de protección
- Sistema de seguridad compuesto por: presóstatos, termostatos, elctrovalvulas de corte, válvula de seguridad por sobre presión Inter.- etapas. Este sistema cuenta con protecciones por alta presión de descarga, alta presión Inter-etapas, alta o baja presión de aspiración, alta temperatura de gas de descarga.
- Sistema de seguridad de la parte eléctrica: instalación bajo normas y con seguridad intrínseca
- Equipado con un tablero que contiene instrumental de medición de presión y temperaturas con todos los elementos de seguridad.
- Sistema de refrigeración montado en el compresor, tipo aroenfriador con capacidad de intercambio de 37000 m<sup>3</sup>/h
- Detector de vibraciones
- Regulador de espacios nocivos en primera y segunda etapa
- Válvula de cierre y despresurizado automático
- Numero de etapas 3
- Numero de cilindros 3.
- Alimentación de potencia 440VAC, 60HZ
- Capacidad de bomba de aceite 1 1/2 Lt
- Capacidad de carter 10 Lt
- Carrera pistón 115 mm
- Presión máxima de trabajo 250Kg/cm<sup>2</sup>

- **Batería de almacenamiento.**

Para el almacenamiento de GNC pueden utilizarse baterías de cilindros en posición vertical u horizontal. Este almacenamiento es el encargado de recibir el volumen de gas descargado por el compresor a 3600 psi, almacenarlo y en su momento despacharlo a los surtidores.

Esta compuesto por una batería de 1200 lts de capacidad de almacenamiento de GNC y válvula prioritaria (para una línea), todo lo cual esta instalado en una caseta de mampostería o de módulos prefabricados en concreto.

El almacenaje de GNC es de tipo vertical. Los cilindros están interconectados con tuberías de acero inoxidable y cuentan con sus correspondientes válvulas de cierre.

Todo el sistema de almacenaje esta firmemente asegurado sobre un bastidor de acero, de manera que los cilindros no tengan contacto con el suelo, evitándose focos corrosivos comunes en algunos sistemas de almacenamiento. El bastidor esta simplemente apoyado sobre una placa de concreto de nivelación de la caseta.

El panel prioritario dispone de válvula anti-retorno, válvula esférica de alta presión y de paso completo para aislar el almacenamiento del suministro a los surtidores. Cuenta además con válvula de seguridad, exceso de flujo y bloqueo manual, además de manómetro indicador de presión con rango de 0-400 bar , válvula de retención a la entrada del mismo y un presostato.

Los cilindros de la batería están diseñados para una presión de trabajo de 250 Bar (3600 psi) y probados a una y media (1.5) veces esta presión (375 Bar). Cada cilindro esta provisto de una válvula manual de operación.

Cada cilindro de la batería esta conectado a un tubo colector de tal forma que el grupo actúa como una unidad, poseen igual orientación y esta complementada con una válvula de seguridad por alivio de presión a resorte, válvula de retención de clapeta ANSI 300 y un manómetro 0-250 Bar diámetro 63 mm Bourdon de acero inoxidable.

**Figura 3.22** Cilindros de almacenamiento de GNCV – Baterías en Posición vertical



- **Surtidores**

Estos equipos son los encargados de suministrar el gas a los vehículos convertidos a GNC. Son de doble manguera y se instalará dos (2) en cada isla de surtidores. Se encargara de controlar la apertura y cierre de las válvulas de las líneas de alimentación que vienen de la unidad de almacenamiento y además la presión del tanque de almacenamiento del vehículo a GNC.

Los surtidores ASPRO son fabricados con componentes APE, medidores másicos de gran precisión, gabinetes en acero inoxidable, display de cristal líquido y electrónica de última generación. Estos equipos permiten el registro del consumo en unidades de volumen directamente en el display (m<sup>3</sup>) o en unidades de masa.

Todos los elementos sometidos a presión se entregan con su correspondiente certificado de calibración. El sistema de anclaje del surtidor es de fácil instalación y sus conexiones al sistema de alta presión de gas se efectúan por medio de tubing de acople sencillo.

Los surtidores ASPRO cuentan con válvulas de exceso de flujo acopladas directamente al tubing de alimentación. Estas válvulas son del tipo barril; en acero inoxidable para evitar corrientes parásitas y las diferencias de potencial que representan cuando se utilizan materiales diferentes y que ocasionan focos de corrosión.

Aunque la temperatura del gas en el proceso de llenado de cilindros experimenta un incremento apreciable, su efecto sobre el volumen final entregado es similar al de otros factores como son los siguientes:

- Temperatura ambiental en la estación
- Presencia de aceite, humedad e hidrocarburos no volátiles en los cilindros por deficiencia de los sistemas de drenaje y filtrado.
- Baja capacidad de sistema de compresión, especialmente en horas pico lo que influye en el rendimiento de los surtidores.
- Tuberías del sistema de GNC del vehículo, de diámetro reducido o sometida a golpes y abolladuras.
- Deficiente aforo de la capacidad de los cilindros.
- Baja calidad del gas que se recibe en la estación
- Descalibración de los instrumentos de verificación y control.

El medidor másico ajusta la cantidad de gas que se entrega al usuario de manera que no se presenten diferencias en la medición del consumo por efecto de la temperatura del gas, lo que indica que no deben existir desviaciones a favor o en contra del usuario o de la estación. Además y como consecuencias de las adecuadas temperaturas de despacho a la salida del compresor, no se hace necesario el uso de dispositivos de compensación por temperatura. Sin embargo se puede asegurar el completo abastecimiento de los cilindros de los vehículos a su máxima capacidad (calibrable) de la presión de llenado a los valores máximos permitidos por la norma.

Los surtidores ofrecidos tienen las siguientes características:

- Modelo ASPRO AS 120 SI
- Capacidad de 7m<sup>3</sup>/minuto por manguera, sin contrapresión
- Gabinete de acero inoxidable
- Presión máxima de trabajo 250 bar
- Doble sistema de corte de fin de carga a 200 bar
- Sistema de medición másico.
- Precisión de medición: +/-0.3%

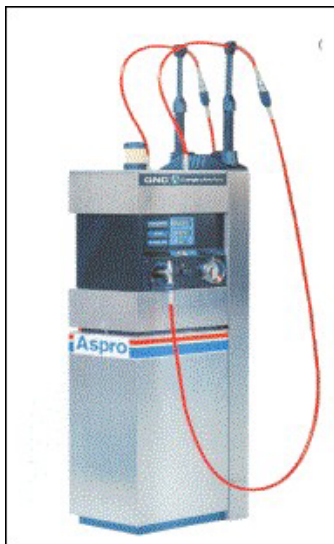
- Indicación sonora de fin de carga
- Teclado para asignar carga preestablecida
- Interfase de comunicación RS 485
- Compatibilidad con el sistema SUIC.
- Válvulas de desacople rápido por arranque de mangueras (Break – Away).
- Válvulas de carga NGV -1, según norma colombiana.
- Alimentación de potencia 220V C.A. , 60HZ
- Configuración a través del teclado o en forma remota; consulta de totales, en forma instantánea o remota.
- Fin de carga automática o manual
- Detección de fallas. Chequeo intensivo del sistema en cada pick/up de manguera. chequeo de los electro-válvulas en forma continúa.
- Barrera zener infalible.
- Sistema de corte para presión operativo y otro de seguridad
- Presión de corte 200 Kg/cm<sup>2</sup>

Los surtidores ASPRO cuentan con un puerto de comunicación RS485, el cual permite la comunicación con equipos electrónicos para la impresión automática de tickets y el control de vehículos que son atendidos en la estación. El protocolo de comunicación del surtidor Aspro es plenamente compatible con el SUIC, utilizado por gas natural S.A E.S.P..

Las mangueras de los surtidores no exceden los 5.0 mt, su localización no será forzada ni doblada para que no exista riesgo de una ruptura, además su interior presenta un recubrimiento que la protege de la acción del gas, y su exterior esta protegido también de la acción del clima (frío, calor, lluvia etc.) que pueda afectarla.

La isla donde se instalarán los surtidores posee protectores mecánicos en las cabeceras de una altura superior a la defensa de un automóvil, para su protección de posibles impactos.

**Figura 3.23** Surtidor de gas Comprimido



- **Subestación eléctrica**

La subestación eléctrica estará localizada en un sector alejado del resto de los equipos. Se compone de un transformador de alta y uno de baja potencia. El transformador de alta se encargara de tomar la energía de 13200 voltios y cambiarla a 440 voltios. El transformador de baja se encargará de pasar la energía de 440 voltios a 220/110 voltios para alimentar los dispensadores, tablero de control y demás instalaciones.

Esta subestación se ubicará en un recinto cerrado construido según las especificaciones de seguridad contempladas por la normatividad vigente. Las instalaciones eléctricas están sujetas a los requisitos establecidos por el Código Nacional Norteamericano de Electricidad NEC y la norma ICONTEC 2050.

- **Panel de Control**

Se incluye en los equipos un tablero de comando y potencia que permite verificar el funcionamiento optimo de todos los componentes eléctricos del sistema de compresión. Dispone de un PLC (programing logic controller) con opción de comunicación remota vía modem, panel universal de operaciones de tipo inteligente, panel con memoria para mensajes programables y visualización dinámica de eventos internos y externos del PLC. Pantalla grafica de matriz de puntos tipo burbuja (touch screen) y sistema de protección por cortocircuito, sobrecarga y falta de fase de alimentación.

El tablero tiene incorporado el sistema de arranque suave, (sofá estártér) que optimiza el funcionamiento del equipo, al disminuir drásticamente la demanda puntual de energía en el arranque del motor del compresor.

Por tratarse de un equipo electrónico que puede ser afectado por corrientes parásitas, o por la intervención de personal no capacitado, es altamente recomendable que su instalación sea independiente, aislado de los demás equipos, y con acceso restringido.

Las características básicas del tablero de comando y control son las siguientes:

- Panel de operaciones Touch screen de tipo inteligente.
- Memoria para mensajes programables y visualización dinámica de eventos internos y externos del PLC, con control horario y promedio de consumos
- Conexión para PC con el software correspondiente
- Interruptor de golpe de puño para parada de emergencia
- Operación manual y automática
- Sistema de protección por corto – circuito, sobrecarga y falta de fase de alimentación.
- Comunicación remota por línea telefónica (vía modem).
- Alarma sonora y luminosa
- Alimentación eléctrica para surtidores
- Sistema de arranque suave

### 3.5 OBRAS CIVILES REQUERIDAS

El proyecto comprende las siguientes actividades:

- Adecuación del área para la construcción de las islas.
- Construcción de dos (2) islas diseñadas para alojar cada una dos (2) surtidores de dos (2) mangueras de despacho de gas natural comprimido para uso vehicular.
- Adecuación del área para la instalación de los equipos de regulación, compresión y almacenamiento de GNC.
- Construcción del emplazamiento para la instalación de los equipos de compresión y almacenamiento, base en concreto reforzado y bunker de protección (caseta de protección).
- Construcción de la caseta para ubicación de los equipos de la subestación eléctrica que proveerá la energía necesaria para la operación de los equipos y demás instalaciones.
- Acometida (derivación de la troncal de acero de cuatro pulgadas) del gas en tubería de acero de dos pulgadas (2") hasta la estación de regulación y medición (ERM) y la trinchera correspondiente para el tendido de esta línea.
- Trinchera para la conducción de la línea de gas natural comprimido desde la batería de almacenamiento hasta los surtidores de despacho, conducción que se llevará a cabo en tubería de una pulgada (1").
- Elaboración de las trincheras necesarias para la conducción de las líneas de suministro eléctrico.
- Tendido de la tubería de aproximación o acometida (gasoducto derivación) desde el gasoducto de acero de seis (6") que pasa frente a la Urbanización Portal de Río Frío (sobre anillo vial) hasta la avenida Caneyes (Carrera 25) con calle 19, donde se ubica la estación de servicio. El tendido se hará en tubería de acero de 4", la cual conducirá el gas hacia la estación a una presión aproximada de 250 psi, presión necesaria para garantizar la correcta operación de los equipos que componen el proyecto.

Los equipos que integran la estación de GNCV, serán instalados en espacios especialmente diseñados para su protección y la de las personas y bienes que puedan involucrarse en el caso de presentarse una eventualidad.

Los equipos son ubicados dentro de una caseta construida con paredes en mampostería o de placas prefabricadas en concreto con dimensiones de 8.2x5.2x3 m, techo en lamina metálica y puntos de acceso de conformidad con las normas y el decreto 80582 de Min-Minas.

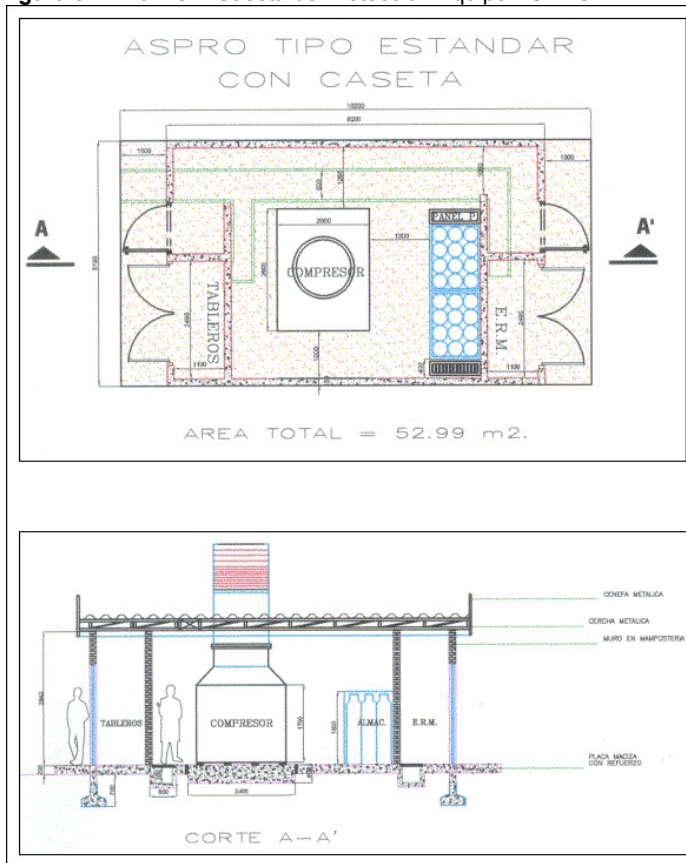
La placa de base tiene un espesor de 20 cm para trafico pesado para la base del compresor se utiliza concreto de 5.000 psi con espesor de 40 cm, dependiendo del tipo de compactación del suelo.

Las características generales de la caseta son:

- Paredes en mampostería o placas de concreto prefabricado, con resistencia al fuego de mínimo 3 horas (de acuerdo al artículo 41 de la resolución 80582 de Min-Minas)
- Espacios internos de acuerdo a la misma resolución
- Cubierta metálica
- Ducto de ventilación
- Puertas metálicas
- Espacios adecuados y disponibles para la instalación del ERM y tablero de control
- Tres paradas de emergencia ubicadas estratégicamente (junto al compresor, ERM y el tablero de control ) y dos mas ubicadas en los surtidores, actuadas mediante push button con enclavamiento a prueba de explosión tipo NEMA 7 para áreas clase 1, división 1, clase D., ensamblado en caja de fundición de aluminio libre de cobre.
- Iluminación en ERM con una luminaria estacionaria incandescente de 200 watt a prueba de explosión tipo NEMA 7, para áreas clase 1, division1, clase D, cuerpo en fundición de aluminio libre de cobre ,vidrio Pirex – boro silicato, pantalla reflectora , pintura electroestática.
- Iluminación en cuarto de compresión y almacenamiento con 2 luminarias estacionarias incandescentes de 200 watt aprueba de explosión tipo nema 7, para áreas clase 1, division1, clase D, cuerpo en fundición de aluminio libre de cobre ,vidrio Pirex – boro silicato, pantalla reflectora , pintura electroestática.
- Iluminación en cuarto de tablero con una luminaria estacionaria incandescente de 100 watt a prueba de explosión tipo nema 7, para áreas clase 1, division1 y 2, grupo D, cuerpo en fundición de aluminio libre de cobre, vidrio Pirex – boro silicato, pantalla reflectora, pintura electroestática.
- Interruptores de iluminación sencillos, de 15 amperios con accionamiento a embolo ensamblado en caja a prueba explosión Nema 7 para áreas clase I y II, división 1 y 2 , grupo C y D norma lcontec 3229, con caja en fundición de aluminio libre de cobre, terminación estandarizada y pintura martillada
- Conexiones eléctricas al compresor en tubería conduit galvanizada con recorrido dentro de carcomo terminaciones selladas y con acoples flexibles en trenza de acero a prueba de explosión , Nema 7, para áreas clase 1, división 1 grupo D
- Interconexiones mecánica entre ERM y compresor con tubería de acero de 2" SCH 40 y accesorios ANSI 300, con ensayos no destructivos en las juntas soldadas y prueba hidrostática a 1.5 veces la máxima presión de suministro certificada por la empresa distribuidora de gas.
- Interconexión mecánica entre compresor y almacenamiento con tubería de 1" en acero ASTM A- Gr B sin costura SCH 160 y accesorios para 6000 psi SW, con ensayos de tintas penetrables y radiografía en la junta soldada y prueba hidrostática. Con recorrido dentro de carcamo.

La caseta cuenta con paredes y pisos pintados con base epóxica y pintura de polivinilo antideslizante y resistente a la acción de combustible y lubricantes.

**Figura 3.24** Bunker - Caseta de Protección Equipo ASPRO



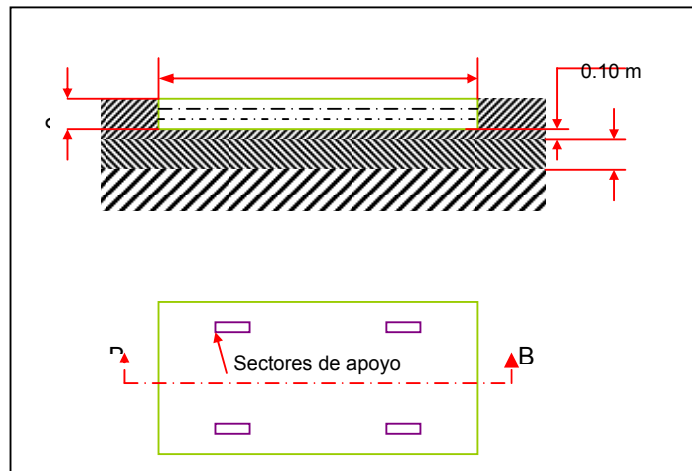
Para el emplazamiento del compresor es preciso un aseguramiento especial en el piso, debido a las fuerzas vibracionales, ocasionadas por el movimiento de los pistones del compresor.

Es importante el entorno de la estación, debido a que en zonas de alta densidad urbana el sistema de emplazamiento debe hacerse un poco más tecnificado, pues las vibraciones se deben reducir al mínimo. A continuación se especifican las características de la estructura de soporte (Basamento) del compresor:

- La estructura consta de una plancha de concreto armado que cuenta con doble malla de hierro, una superior y una inferior. Las dimensiones depende del tamaño del compresor; la forma es la mostrada en la figura 5.9. Esta estructura cuenta con sectores de apoyo en las esquinas para la fijación de los resortes y amortiguadores, sobre los cuales descansa otra plancha de concreto que es la que soporta directamente el compresor.
- Las caras de apoyo para los resortes deben quedar perfectamente niveladas tanto en el basamento inferior como en el superior.
- La plancha de concreto superior cuenta con tres mallas de refuerzo de hierro distribuidas en el espesor total. Cuenta además con cuatro (4) huecos para la fijación del compresor. Las dimensiones se muestran en la figura 4.27.

- El basamento inferior tendrá una ligera pendiente con el objetivo de desalojar el agua que eventualmente pueda localizarse bajo los equipos.

**Figura 3.25** Basamento inferior del compresor



La tubería de aproximación en acero de cuatro pulgadas de diámetro se enterrará a una profundidad mínima de 1.00 mts y la acometida desde la tubería de aproximación de 4" hasta la estación de regulación y medición, se hará enterrada a una profundidad mínima de 0.60 m, cumpliendo con lo estipulado en la Norma Técnica Colombiana NTC 3728 – Gasoductos Urbanos.

El tendido de líneas tanto de canalización eléctrica como tubería de gas en el lugar de ubicación de los equipos de compresión y almacenamiento se enterrarán de acuerdo al diseño mostrado en la figura 4.28 correspondiente a las acometidas.

Las obras para la instalación de los surtidores de GNC se ajustan a los requerimientos establecidos por la resolución 8 0582 de 1996 del Ministerio de Minas y Energía, ver plano anexo. Las dimensiones de las islas son las siguientes:

- Ancho: 1.0 m.
- Longitud: 5.80
- Altitud sobre el carril de carga: 0.20 m

Las tuberías enterradas cumplirán con lo estipulado en la NTC 3728 Gasoductos – Redes Urbanas de Gas, como se ve a continuación:

#### • **Profundidad**

- Las líneas primarias (Conexión a la City Gate) en las redes de distribución de gas deben instalarse enterradas a una profundidad no inferior a 100 cm (39.4 pulgadas), medidos entre la superficie del terreno y el lomo de la tubería. En el caso de que esta profundidad no se pueda alcanzar, o cuando las cargas externas sean excesivas, la tubería debe encamisarse, instalarse aérea o diseñarse para soportar estas cargas.

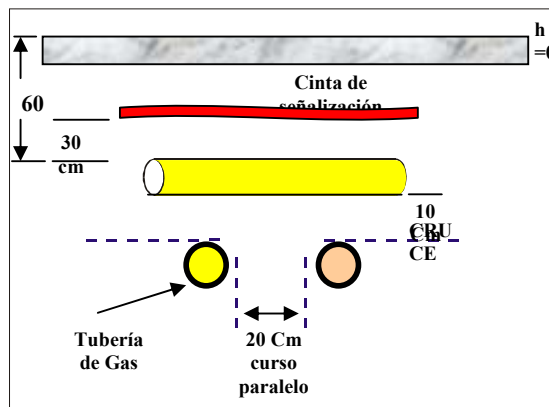
- En el caso de las líneas secundarias (TRONCAL y ANILLOS) de la red de distribución deben instalarse a una profundidad no inferior a 60 cm (24 pulgadas); si no se puede alcanzar esta profundidad y la tubería no ha sido diseñada para resistir los esfuerzos mecánicos a que se encontrara sometida, deberán interponerse entre la tubería y la superficie del terreno losas de hormigón o planchas que reduzcan las cargas sobre la tubería a valores equivalentes a los de la profundidad inicialmente prevista.

## INTERSECCION CON OTRAS REDES

- Siempre que las líneas de distribución de gas (gasoducto de aproximación) se encuentren con otras redes de conducción subterráneas, se aumentarán si es posible estas inter distancias, para que se reduzcan para las distintas infraestructuras los riesgos inherentes a los trabajos de operación y mantenimiento.

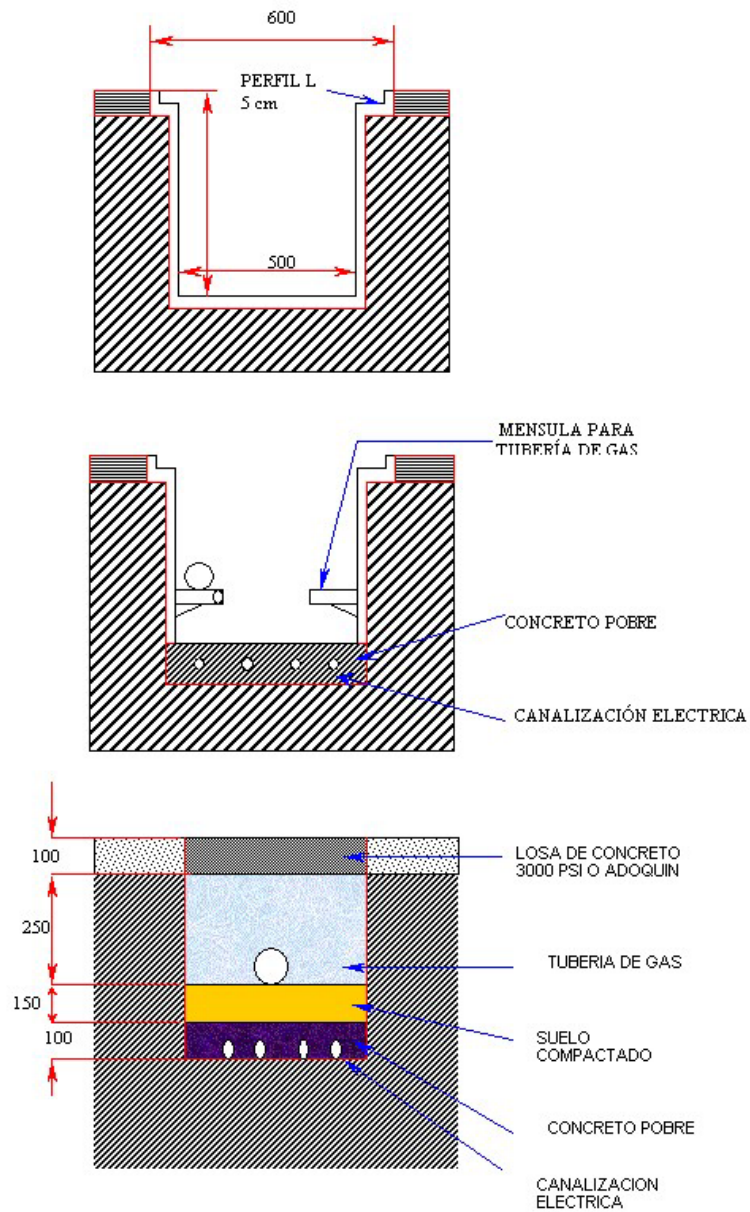
**Figura 3.26** Distancias de Seguridad

|                      | <b>LINEAS PRIMARIAS</b> | <b>LINEAS SECUNDARIAS</b> |
|----------------------|-------------------------|---------------------------|
| Puntos de cruce      | 0.30 m                  | 0.10 m                    |
| Recorridos Paralelos | 0.30 m                  | 0.20 m                    |



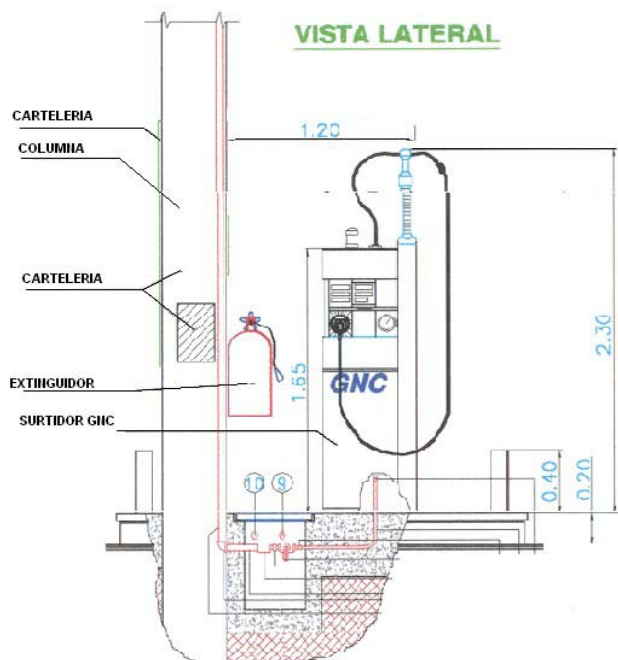
Cuando por causas justificadas no puedan mantenerse las distancias mínimas entre servicios dadas anteriormente, deberán interponerse entre ambos servicios pantallas de fibrocemento, material cerámico, goma, amianto o plástico.

Figura 3.27 Carcamos de conducción



Los equipos para GNC en estaciones de servicio requieren de unas distancias horizontales mínimas de seguridad independientemente si son o no equipos paquetizados como en este caso. Las distancias mínimas de seguridad se pueden ver en El Cuadro 4.13

**Figura 3.28** Vista de planta y lateral de un surtidor



**Tabla 3.14** Distancias mínimas de seguridad de equipos de GNCV

| REFERENCIAS                                                                                         | HASTA 4000 LTS | 4001 – 10000 LTS | MÁS DE 10.000 LTS |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|-------------------|
| <b>De compresor y almacenamiento a:</b>                                                             |                |                  |                   |
| Linderos y locales propios                                                                          | 1.75           | 2.50             | 3.75              |
| Paramentos según Código de Urbanismo                                                                | 1.50           | 2.50             | 3.75              |
| Surtidores                                                                                          | 3.50           | 3.75             | 5.00              |
| Fuegos abiertos                                                                                     | 2.50           | 2.50             | 2.50              |
| <b>De surtidores a:</b>                                                                             |                |                  |                   |
| Paramentos                                                                                          | 4.0            | 4.0              | 4.0               |
| Linderos y locales propios                                                                          | 5.0            | 5.0              | 5.0               |
| Fuegos abiertos                                                                                     | 4.0            | 4.0              | 4.0               |
| <b>De equipos de GNC a almacenamiento y Bocas de llenado y descarga de combustibles líquidos a:</b> |                |                  |                   |
|                                                                                                     | 1.75           | 2.50             | 2.50              |
|                                                                                                     | 1.75           | 2.50             | 2.50              |
| <b>Zona de gas a alta presión</b>                                                                   |                |                  |                   |
| Planta de regulación y medición                                                                     |                |                  |                   |

Las islas para surtidores se construirán y ubicarán según las especificaciones contenidas en la resolución 8 0582 de abril de 1996 expedida por el Ministerio de Minas y Energía.

Se adecuará el espacio localizado al norte del patio de maniobras actual, esto no implica obras de gran magnitud, ya que como se dijo anteriormente, con el montaje de la unidad solo se pretende complementar la capacidad de la estación.

El proyecto esta ajustado a las normas técnicas, legales y ambientales dispuestas por el Ministerio de Minas y Energía. Se ajusta con base en el estudio de los espacios existentes destinados a las operaciones de carga, maniobras y circulación de vehículos en lo concerniente a distancias mínimas de seguridad, localización de equipos, estructuras de soporte, fijación y prevención de eventos. Considerando el área disponible, los límites de seguridad establecidos por la norma, los linderos del predio y la disposición de las demás instalaciones que conforman la estación. Todo teniendo en cuenta la línea de construcción definida por el municipio.

### **3.6 Servicio a prestar – capacidad de operación**

La Estación de Servicio instalada estará en capacidad de abastecer 350000 m<sup>3</sup>/mes de GNC con un tiempo de operación promedio de compresión de 12 hrs diarias. Los surtidores estarán en capacidad de despachar las 24 horas del día.

El servicio que se quiere prestar es compatible y complementario a los ya existentes en el área de la estación de servicio, en la Estación El Carmen, se presta el servicio de monta-llantas, cambio de aceite, sincronización etc, además tiene servicio de cafetería y micro-mercado y oficinas administrativas.

El proyecto comprende la instalación de “una estación de servicio de gas natural comprimido, GNC para uso vehicular”.

El servicio que se quiere prestar es compatible con las fuentes energéticas actuales. El gas natural usado en motores de combustión interna, después de ser convertidos, es el mismo gas que se utiliza en el país para uso domiciliario. La red de gas alimenta la estación de carga. El gas natural es especialmente adecuado por su alto número de octanos, como combustible para uso vehicular. El gas es comprimido en cilindros de almacenamiento hasta aproximadamente 250 Bar (3600 psi). Desde el almacenamiento, el gas pasa a través de los surtidores al cilindro del vehículo, que puede llenarse tan sencillamente como cualquier tanque de combustible líquido de un automotor hasta aproximadamente 200 Bar (3000 psi).

Las normas técnicas de la comisión de regulación de energía y gas; para diseño, construcción, instalación, mantenimiento y operación; ampliación o modificación de la estación para GNC están ceñidas a los requisitos establecidos en las normas ICONTEC, ASTM, DOT, NEC, ASME/ANSI y demás que exija para el caso el Ministerio de Minas y Energía, y que se encuentran estipuladas en la resolución 8 0582 de 1996 expedida por esta entidad.

- **Diagrama de flujo del proceso**

El gas natural para una estación de GNC, se toma de la red troncal de acero, a una presión que puede ir desde 90 a 300 psi (6 – 20 Bar), pero para el diseño presentado oscila alrededor de los 250 psi. A partir de este punto se hace una derivación en el

gasoducto y se conduce el gas a través de una línea de acero de dos pulgadas (2 ") de diámetro hasta el puente de regulación y medición. En el puente de regulación y medición se regula la presión de entrada del gas, se filtra, y se mide con un medidor de diafragma ó de piñones rotativos de alta rangeabilidad, para hacer la entrega de gas a la estación por medio de una electro válvula.

El gas entra al compresor, el cual en un proceso de tres (3) etapas lleva la presión hasta 250 Bar (3682 psi) y almacena el gas a esta presión en una batería de almacenamiento con una capacidad de 1200 Lts de agua. La conexión entre el compresor y la batería de almacenamiento se lleva a cabo en tubería de acero ASTM Gr B de una pulgada (1").

Al procederse al llenado de vehículos, el gas del almacenamiento comienza a perder presión. Al llegar a 202 Bar (3000 psi), se enciende el compresor, el cual comprime aproximadamente 17 m<sup>3</sup>/min. La conexión entre la batería de almacenamiento y los surtidores se hará por medio de una línea de acero de una pulgada (1") de diámetro.

El proceso es sencillo. Además todo el sistema está controlado por un PLC (Sistema computarizado) que detecta las fallas en los controles y procesos básicos del sistema.

Figura 3.29 Servicios que presta la estación

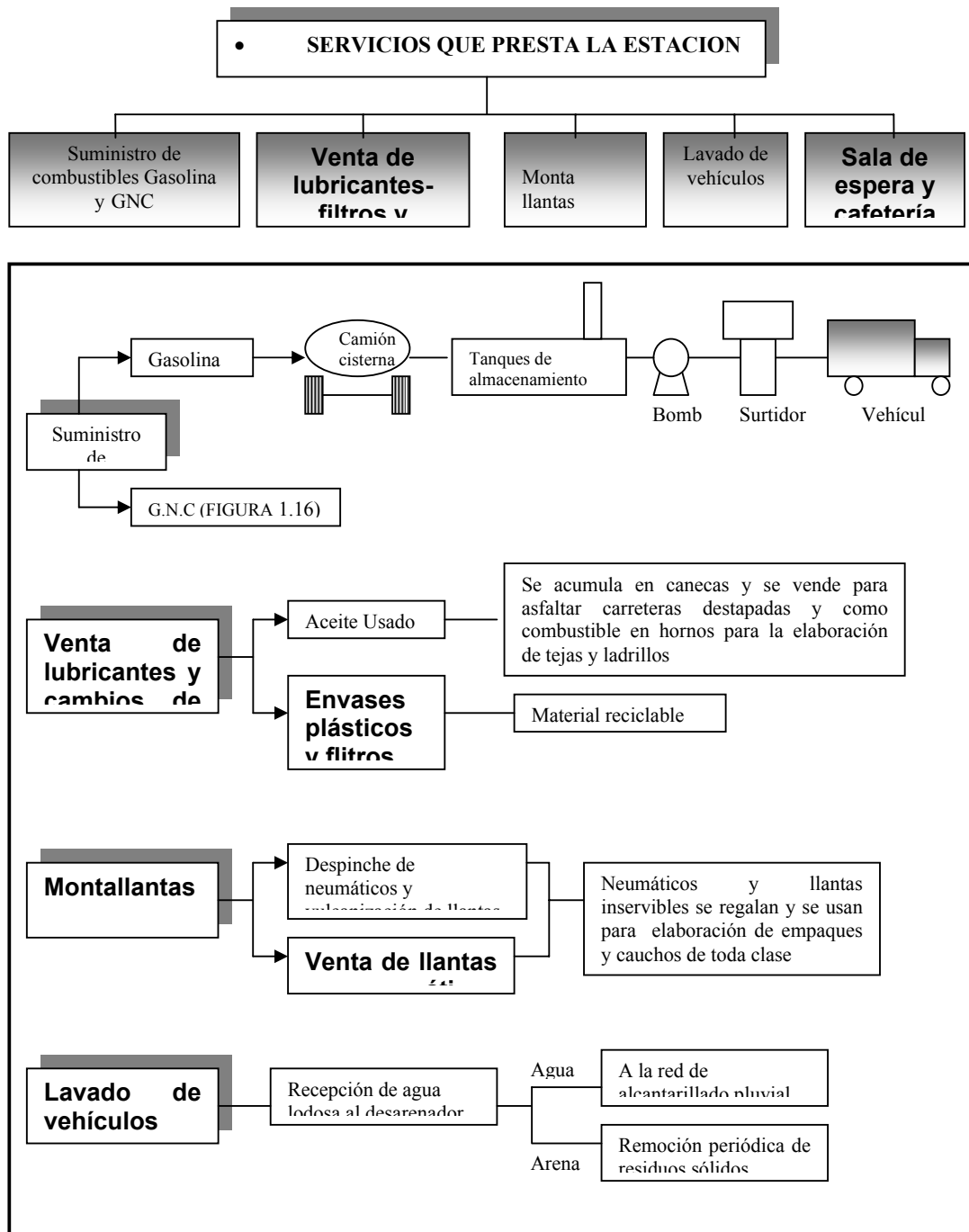
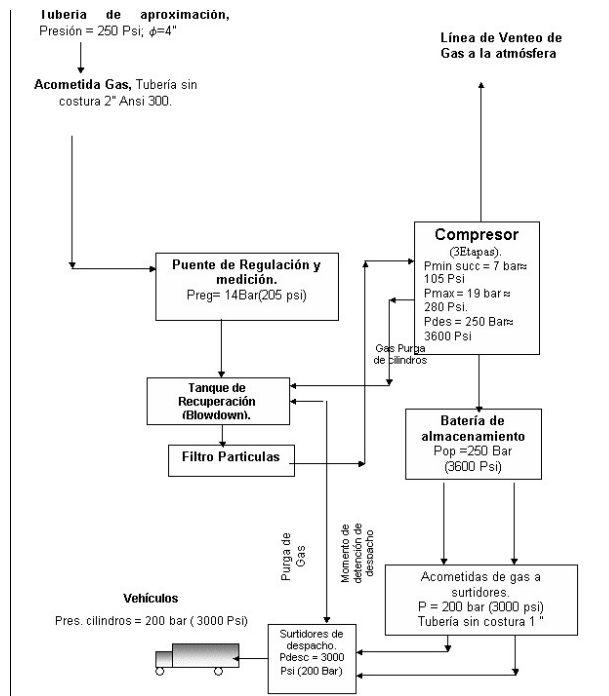


Figura 3.30 Diagrama de Flujo de la Operación de GNCV



### 3.7 PROCEDIMIENTOS GENERALES A TENER EN CUENTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN DE SERVICIO

#### 3.7.1 Documentos exigidos para aprobación de la licencia

Para la obtener la licencia para la operación legal de una Estación de Servicio se requieren los siguientes documentos.

- Memoria técnica.
- Licencia de urbanismo o de construcción, con el concepto favorable de la autoridad ambiental
- Fotocopia del ingeniero civil o de petróleos o arquitecto, que elabora los planos

Copia autenticada del título de propiedad del lote o copia del acto o negocio jurídico que permite construir la EDS en el lote propuesto.

- Plano general de localización del lote.
- Plano de distribución de planta.
- Plano de instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- Plano de instalaciones eléctricas.
- Plano zona de compresión y almacenamiento

#### 3.7.2 Documentos que deben estar disponibles en todo momento en la EDS.

El artículo 40 del decreto 1521 de 1998, establece que en todo momento, una Estación de Servicio debe tener disponible, para la revisión del Ministerio de Minas los siguientes documentos:

- Licencia de funcionamiento, expedida por el Ministerio de Minas y Energía y sus planos y documentos anexos (ver numeral anterior).
- Póliza de seguros de responsabilidad civil extra-contractual, vigente. Por un monto no menor a 800 SMMLV.
- Certificado de la Cámara de Comercio, donde conste la matrícula del establecimiento comercial. Un certificado independiente para cada estación.
- Contrato de explotación económica entre el distribuidor minorista y el distribuidor mayorista.
- Acta de calibración de surtidores.
- Actas de pruebas hidráulicas y neumáticas y certificados de los fabricantes en donde consten los resultados de las pruebas de presión realizadas a los equipos.
- Autorización de la entidad competente en la preservación del medio ambiente.
- Planos de servicios públicos (energía, agua y alcantarillado) debidamente aprobados.
- Copia del formato suministrado por la alcaldía, en donde conste que la EDS se diseñó y construyó conforme a los requisitos exigidos y los planos aprobados. El formato debe ser firmado por el propietario o por el representante legal de la EDS.
- Manuales con instrucciones completas de instalación, operación y mantenimiento de los equipos.
- Certificados de los fabricantes de los equipos principales (compresor, cilindros de almacenamiento, surtidores, manqueras, boquillas de llenado, POS, etc.)

- **El botón electrónico y el sistema único de información conjunta.**

Como una medida para aumentar la seguridad en el subsector del Gas Natural Comprimido para vehículos, las empresas que están distribuyendo GNC a los vehículos, han desarrollado lo que se ha denominado el Sistema Único de Información Conjunta, con los siguientes objetivos inmediatos:

- Garantizar que sólo los vehículos convertidos adecuadamente por los Talleres autorizados, puedan abastecerse de GNCV en las Estaciones de Servicio.
- Establecer una red electrónica que facilite la administración de los créditos otorgados a los vehículos convertidos, de manera que éstos puedan amortizar, cada vez que “tanqueen”, parte de los ahorros obtenidos con el cambio de combustible (de gasolina a GNCV).
- Llevar estadísticas confiables y en tiempo real. Información apreciada por los organismos estatales y por los propietarios de las “flotas” de vehículos en relación con el consumo diario de cada vehículo.

Para esto, se ha requerido el establecimiento de Centros de Cómputo, los cuales están interconectados permanentemente con cada una de las Estaciones de Servicio y recibiendo información diaria del Organismo de Certificación, relacionada con los vehículos convertidos, certificados y habilitados dentro del sistema. En la actualidad,

aunque no es mandatorio, el Organismo Certificador autorizado instala, en cada uno de los vehículos certificados y habilitados, un “botón” electrónico que contiene, entre otros, la información básica del vehículo, de los componentes principales del equipo de conversión (cilindros y regulador) y las fechas de instalación, revisión y de la próxima revisión anual. Cada una de las mangueras de los surtidores de GNCV dispone de un lector de “botones” electrónicos, de modo que el surtidor sólo permitirá el abastecimiento de vehículos debidamente habilitados; una vez cargado el vehículo, el surtidor expide una factura con todos los datos de la transacción, incluyendo la amortización de la deuda contraída con la entidad financiera.

En lo que se refiere a la información de carácter básico, los sistemas de cada una de las empresas distribuidoras de GNC, son compatibles, de manera que se disponga de un sistema unificado para todo el país. En este sentido, las empresas distribuidoras de gas se están poniendo de acuerdo y en la actualidad se están preparando las Normas Técnicas Colombianas, correspondientes.

El Organismo Certificador debidamente autorizado en Colombia, una vez haya inspeccionado y verificado que el vehículo ha sido convertido cumpliendo la totalidad de las normas técnicas y legales, instalará lo más cerca posible del pico de carga, un botón electrónico (“chip”) que deberá contener la siguiente información mínima:

- Nombre del taller.
- Código consecutivo de los equipos instalados.
- Placa del vehículo
- Fecha de instalación del equipo.
- Fecha de revisión.
- Fecha de vencimiento de fabricación o revisión de los cilindros,
- Cantidad, volumen y serie de los cilindros instalados.
- Número del “chip” instalado.
- El dispositivo electrónico tendrá capacidad para almacenar información suficiente para las novedades previstas para 10 años como mínimo.

El chip, que contendrá un número único de seguridad, dispondrá de una capacidad mínima de 4 kb de información y será compatible con el software instalado. La información almacenada en el dispositivo electrónico será leída por el surtidor de carga en las estaciones de servicio, las cuales estarán inhabilitadas de cargar un vehículo cuando éste no cumpla con la Normativa vigente o las condiciones comerciales y legales que correspondan. El Centro de Cómputo (SUIC) informará en tiempo real sobre el estado de cada vehículo.

#### 4. EQUIPOS DE SEGURIDAD CON QUE CUENTA LA ESTACION DE GAS

Es importante como parte del Plan de Contingencia que debe manejar la Estación de Servicio, considerar la implementación de procedimientos y el montaje de equipos de seguridad que aseguren el correcto funcionamiento de los equipos y la atención a tiempo de cualquier eventualidad que se pueda presentar con los equipos y/o combustibles manejados en la estación.

Para asegurar el cumplimiento de la normatividad relacionada con la seguridad establecida en la resolución 8 0582 de 1996, se instalaran extintores de 10 Kg de polvo químico seco así:

Uno por cada isla de surtidores.

Uno en el recinto de los equipos por cada 2000 lt de capacidad de agua almacenada.

Un extintor de CO<sub>2</sub> de 7 Kg. en la sala de tableros eléctricos.

Teniendo en cuenta el número de mangueras disponibles para el servicio totales (despacho de GNC y gasolina) se instalara un extintor de polvo químico rodante de mínimo 70 Kg. ubicado a un costado de las oficinas de administración de la estación.

El polvo químico seco y los extintores portátiles estarán contruidos y serán instalados de acuerdo a las normas ICONTEC respectivas.

Los botones de parada de emergencia, tipo “golpe de puño”, conocidos como “interruptores champiñón” se instalarán de acuerdo con la distribución de los planos eléctricos, el mínimo de botones requeridos es el siguiente:

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| En las entradas del bunker:   | 2 |
| Junto al almacenamiento:      | 1 |
| Junto al compresor:           | 1 |
| En la entrada a las oficinas: | 1 |
| En cada surtidor:             | 1 |

**Figura 4.1** Pulsadores de emergencia de la estación El Carmen (Girón – Santander)



#### 4.1 INSPECCIONES PERIÓDICAS

Se realizarán todo tipo de pruebas periódicamente a los equipos así:

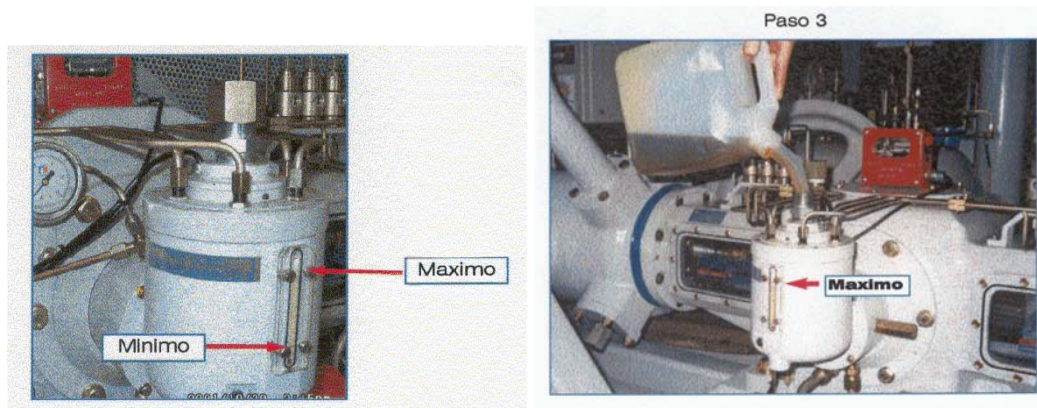
- Prueba hidrostática semestral a las mangueras de los surtidores a 1.5 veces la presión máxima de operación, verificando que no existan pérdidas o señales de fugas o fallas.
- Control y calibración cada dos años de las válvulas de alivio de presión, de exceso de flujo, y demás accesorios de seguridad. Grabando fechas de calibración y verificación en una plaqueta unida al cuerpo de las mismas.
- Prueba hidrostática quinquenal a cada cilindro de la batería de almacenamiento de GNC a 1.5 veces la presión de trabajo.

#### 4.2 VERIFICACIONES DIARIAS

Antes de comenzar las operaciones ordinarias del día se deben cumplir ciertas verificaciones sencillas:

Se debe verificar el nivel de aceite en el carter del compresor y tomar las medidas necesarias.

**Figura 4.2** Nivel de aceite del carter del compresor ASPRO de la Estación el Carmen (Girón – Santander)



Realizar una inspección visual detallada de todos los equipos, con el fin de verificar la existencia de fugas de gas o pérdidas de aceite.

Verificar lecturas de los manómetros de la línea de entrada del gas a la unidad y del tanque de recuperación (Blowdown), para así cerciorarse de la correcta operación del sistema de alimentación.

Verificar las presiones de cada etapa del compresor.

**Figura 4.3** Manómetro de presión de aceite del compresor ASPRO de la Estación el Carmen (Girón – Santander)



Inspección visual de las mangueras de llenado de los surtidores. Si presentan cualquier tipo de alteración en su superficie, rotura o agrietamiento, no debe usarse hasta que sea cambiada.

Verificar que la presión máxima de llenado de los vehículos sea de 3000 psi, para prevenir posibles eventualidades. De no ser así proceder con el personal competente para su revisión.

#### **4.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El servicio de mantenimiento preventivo realiza las siguientes actividades

##### **Inspección mensual (tiempo estimado 3 hrs.)**

- Registrar condiciones y total de horas de operación registradas en el PLC. Verificar Lectura. Comparar con el estándar y determinar la tendencia.
- Chequear operación de las líneas de venteo de las cajas de empaquetadura.
- Chequear presión diferencial del filtro de aceite
- Chequear correcta operación del lubricador
- Registrar temperaturas en etapas de válvulas.
- Verificar niveles en los separadores
- Inspeccionar fugas de aceite o gas
- Tomar muestras de aceite para análisis de laboratorio.
- Inspeccionar el posible incremento en la intensidad de ruido y vibración en el equipo y aplicar los correctivos.
- Diligenciar en detalle la lista de chequeo (check List ) y verificación paso a paso del mantenimiento.

##### **Servicio de 2000 Hrs (tiempo estimado 24 hr.)**

- Remover una de las válvulas de succión y una de descarga de cada cilindro. Chequear componentes internos, verificar estanqueidad.

- Verificar Rod Run Out.
- Chequear claro entre cruceta y guía de cruceta.
- Chequear claro entre cilindro-pistón y buje de biela-pin.
- Desmontar caja de sellos del cilindro de alta presión. Inspeccionar y chequear el desgaste en los anillos de sello.
- Chequear anillos rascadores de aceite. Remover y limpiar, chequear desgaste.
- Drenar y limpiar carter.
- Cambiar aceite y filtros de aceite.
- Verificar la correcta lubricación de los cilindros. Inspeccionar bloques de distribución y líneas de conducción.
- Registrar datos de operación de los equipos.

#### **Servicio de 4000 hrs. (tiempo estimado 24 hr)**

Para este tiempo de operación se realizan los mismos procedimientos del punto anterior.

#### **Servicio de 8000 hrs. (tiempo estimado 48 hr)**

- Verificar alineación entre motor y compresor.
- Verificar claros entre casquetes de bancada. Reemplazar si están fuera de especificaciones.
- Verificar claros de casquetes de biela. Reemplazar si están fuera de especificaciones.
- Remover y limpiar líneas de succión del cabezal de aceite de lubricación.
- Chequear torque en etapas de biela y bancada. Ajustar al valor recomendado.
- Inspeccionar cilindros compresores. Verificar dimensiones y tolerancias internas.
- Inspeccionar cajas de sello de todos los cilindros. Limpiar componentes internos. Verificar estanqueidad. Reparar o cambiar si se requiere.
- Desmontar válvulas de succión y de descarga. Verificar componentes internos, Verificar estanqueidad. Reparar o cambiar si se requiere.
- Registrar datos de operación.

#### **4.4 AVISOS DE SEGURIDAD**

Se colocaran carteles visibles de acuerdo a la norma NTC 1461 , de dimensiones 60 cm \* 45 cm en fondo rojo con letras blancas con las siguientes leyendas:

Vías de acceso y zona de surtidores:

- “Prohibido fumar”
- “Peligro, gas a alta presión”
- “Detener el motor”
- “Prohibido el llenado en ausencia del operario”

**Figura 4.4** Avisos y Equipos de la Estación el Carmen (Girón – Santander)



Áreas de compresión y almacenamiento:

- “Prohibido fumar”
- “Peligro, gas a alta presión”
- “Prohibida la entrada a particulares”

#### **4.5 SISTEMAS DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS DE GNCV**

- **Sistema modular de estación de recarga de GNCV.**

El modulo contiene los elementos necesarios para el seguro funcionamiento de los equipos incluidos y el control de cualquier eventualidad. La unidad incorpora los siguientes elementos:

- ✓ Sistema de purga de hidratos tipo ciclónico expansivo.
- ✓ Sistema de sala de compresión anti-explosiva construida en chapa de acero de ½ pulgada que protege al entorno de cualquier explosión o, proyección de elementos.
- ✓ Iluminación interna de todas las áreas de la unidad, para tareas de mantenimiento y prevención.
- ✓ Sistema automático de extinción de fuego dentro de la unidad mediante  $\text{CO}_2$ .
- ✓ Sistema de detección de concentraciones peligrosas de gases en el área de motores.
- ✓ Extintor de 10 Kg. de polvo seco IRAM 3523.
- ✓ Sistema de control de la unidad que reside en una RTU (remote transmitter unit), que controla la totalidad de los procesos que realiza el equipo, complementando control operativo con control de seguridad. Este equipo mide y registra los siguientes parámetros: seis (6) mediciones de presión, ocho (8) mediciones de temperatura y una medición de potencia.
- ✓ Ocho (8) botoneras de parada de emergencia tipo golpe de puño.
- ✓ El panel de control incorpora además botoneras de parada y arranque de equipos, apertura y cierre de puertas de radiadores, ventiladores y de acceso; indicadores de funcionamiento de equipos, visualización de parámetros

- operativos, visualización y programación de alarmas de presión y temperatura; y listado de eventos de alarmas.
- ✓ Alarmas de detección inmediata, las cuales producen una desactivación del ciclo automático de compresión, deteniendo instantáneamente los motores de la unidad, cortando el ingreso y egreso del gas del equipo, accionando, la alarma y visualizándola, cuando los parámetros de operación de los equipos se salgan de las condiciones normales.
- ✓ Recipiente de acumulación de condensados con presión de 250 bar, capacidad de 10 lt y válvula de disparo.

- **Compresor**

**Figura 4.5** Compresor IODM 115-4 ASPRO de la Estación el Carmen (Girón – Santander)



Todos los elementos del compresor son a prueba de explosión, el sistema de seguridad incluye:

- ✓ Sistema de refrigeración Inter.-etapa por medio de intercambiadores de calor gas-agua.
- ✓ Válvula de seguridad Inter.-etapa.
- ✓ Sistema de amortiguación de pulsaciones Inter-etapa Damper de 100 l.
- ✓ Empaques de sello circulares que previene los escapes de gas dentro del carter.
- ✓ Un motor auxiliar totalmente encerrado que minimiza el ruido.
- ✓ Paradas de emergencia del compresor.
- ✓ Presóstato de parada por alta presión de succión, baja presión de succión, alta presión de aceite y por alta temperatura.

- **Batería de almacenamiento.**

La batería de almacenamiento tiene una capacidad instalada de 1000 lt de agua a una presión de 250 Bar (3600 psi) Los cilindros poseen válvulas de aguja de ½ gas-6000 psig, presóstato de parada por alta presión en los cilindros y parada de emergencia por golpe de puño.

- **Surtidores.**

El sistema de seguridad de los surtidores incluye:

- ✓ Válvulas de exceso de flujo que controla las líneas de abastecimiento que van de la estación modular a los surtidores. En caso de una rotura de la tubería o manguera del surtidor.
- ✓ Una válvula manual de apertura y cierre rápido ubicada en el registro de la isla donde se ubica el surtidor.
- ✓ Presóstato de parada por alta presión.
- ✓ Botonera de parada de emergencia por golpe de puño.

**Figura 4.6** Surtidores de la Estación el Carmen (Girón – Santander)



#### **4.6 CONSIDERACIONES GENERALES A TENER EN CUENTA DURANTE LA OPERACIÓN DE EQUIPOS**

- ❖ Durante la operación de llenado de los vehículos, el motor de estos debe estar apagado, lo mismo que su sistema de luces. No deben permanecer personas en el interior del vehículo y no se debe permitir su puesta en marcha hasta cuando se haya desconectado la manguera de llenado.
- ❖ No se debe suministrar GNC a aquellos vehículos que por condiciones de seguridad no acrediten ser aptos para funcionar con este combustible, Esto se puede verificar en las placas, tarjetas y calcomanías entregadas en los talleres de conversión. De igual forma se debe negar el servicio a los vehículos que evidencien alteraciones no autorizadas en el equipo de GNC.

**Figura 4.7** Suministro de gas en la Estación el Carmen (Girón – Santander)



- ❖ No se permitirá encender cualquier tipo de fuego y/o realizar cualquier tipo de reparación durante la operación de llenado.
- ❖ Se diseñará y ubicará un procedimiento de emergencia en sitios estratégicos de la estación.
- ❖ La estación de servicio llevará requisitos de las pruebas y verificaciones indicadas, debidamente financiadas por el propietario o representante legal de la misma y serán reportadas anualmente a la autoridad ambiental competente.
- ❖ Los equipos solo podrán ser manipulados por los operarios autorizados de la estación.
- ❖ Los carriles de carga serán separados claramente de los aledaños mediante franjas de pintura inalterable sobre el piso, con el objeto de que se presenten invasiones de espacio.
- ❖ Se mantendrá un registro estadístico de las emergencias presentadas en el área, además planos de la estación de servicio para posibles emergencias.
- ❖ Avisos de seguridad. Los mandos de parada del tipo “golpe de puño” se identificarán con carteles que tengan la leyenda “parada de emergencia.
- ❖ Comportamiento del personal. Se informará, capacitará y entrenará a todo el personal de la estación sobre el plan contra-incendio, indicándoles las actividades a realizar en caso de ocurrir una emergencia.

#### **4.7 MEDIDAS DE SEGURIDAD**

De carácter general.

- Debe existir un plan de prevención de desastres y un plan de contingencia para atención de emergencias (actividades a realizar, simulación de situaciones), ampliamente conocido por el personal. Además, un resumen del procedimiento debe estar en sitios estratégicos.
- El sistema contra-incendio debe ser revisado periódicamente de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- El “islero” debe llenar vehículos que se encuentren apagados (sus luces y radio), que no tenga personas en su interior y sólo se ponen en marcha cuando la manguera ha sido desconectada. Igualmente no se deben permitir operaciones de reparación durante el llenado.
- Las puestas a tierra deben tener una resistencia menor a 5 ohmios.
- Debe existir un sistema de alarma de incendio, para avisar de la emergencia, en forma clara y oportuna

El gabinete contra-incendio. Debe contener:

- Una toma de 38 mm (1,1/2 pulgada) para agua a presión.
- Una manguera contra-incendio de longitud mínima 9 m.
- Un hacha
- Una boquilla de aspersión.
- Un extintor tipo ABC de 6 kg.
- Una llave de expansión.
- Una gabardina y una careta (en revisión).

Características de los extintores.

- De CO<sub>2</sub>, cerca de los tableros eléctricos.
- Triclasa (tipo ABC) de polvo químico (10 Kg) en la ERM, en la zona de compresores, en la zona de almacenamiento y en cada isla.
- Si hay más de 4 mangueras de suministro: extintor rodante de 70 Kg, triclasa con polvo químico seco

#### Avisos en surtidores:

- No fumar (NTC 1461).
- Precaución, gas combustible a alta presión.
- Detener el motor y apagar luces durante el llenado.
- Prohibido el llenado en ausencia del operario.
- Desalojar el vehículo durante el llenado

#### Avisos en áreas de compresión y almacenamiento

- No fumar (NTC 1461).
- Precaución, gas combustible a alta presión.
- Prohibida la entrada a personas no autorizadas.
- Use elementos de protección auditiva (NTC 1461)

## 5. LA ESTACION DE SERVICIO EL CARMEN

En Bucaramanga y su área metropolitana existen hasta el momento 4 estaciones de servicio de gas natural vehicular a saber:

- La Rosita Av. La Rosita No. 20 – 02
- Terpel Río Frío Anillo vial 21-01
- Estación de Servicio El Carmen Avenida Los Caneyes y la carrera 19 localizada en el municipio de Girón. (Inicia el 4 de dic-2003)
- Estación El Bueno (Vía Bucaramanga – Girón). (Inicia el 9 de Agosto -2004)

Según Gasorient quien es el encargado del manejo del gas en Santander para el año 2004 se tiene planeado instalar 3 surtidores para gas vehicular en estaciones existentes en Bucaramanga.

Bucaramanga con mas de 2300 vehículos convertidos a Julio 2004 presenta graves problemas de suministro en especial el servicio de taxis los cuales demoran hasta 2 horas para el tanqueo originando perdidas para el gremio transportador, además de la ocupación del espacio publico.

El proyecto se refiere a la instalación de una unidad de compresión y tres surtidores para el suministro de gas natural comprimido para uso vehicular en el Municipio de Girón. Este servicio será complemento al ya existente en la Estación de Servicio El Carmen, adscrita a TERPEL.

La estación actualmente opera de forma normal abasteciendo de combustibles líquidos a los usuarios y ofreciendo los servicios propios de mantenimiento como cambio de aceite, montallantas, lavado de vehículos etc. La estación presta además el servicio de cafetería a los usuarios y posee instalaciones para las oficinas administrativas.

La construcción y puesta en operación de la EDS el Carmen, fue realizada en vigencia de la legislación ambiental estipulada en la ley 99 de 1993 y su decreto reglamentario el 1753 de agosto 3 de 1994. A la Estación de servicio El Carmen le fue concedida licencia ambiental por parte de la CDMB, según resolución N° 710 del 28 de Julio de 1999. Con base en el artículo 11 del decreto 1728 de 2002, las actividades que impliquen modificaciones a este tipo de proyectos se podrán someter a registro ante la autoridad ambiental competente en función de guías ambientales.

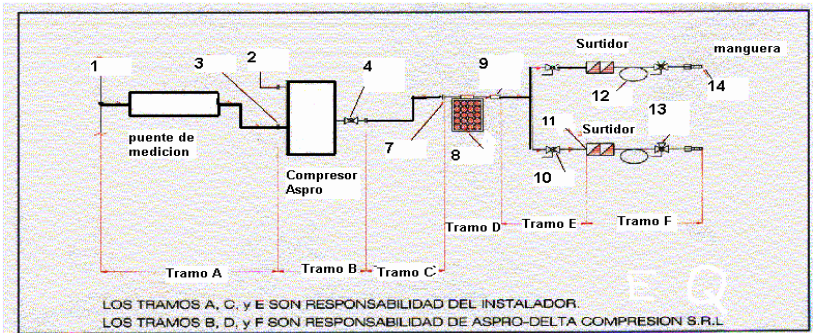
Por lo anterior, para el manejo ambiental de los distintos impactos que se presenten tanto en la fase constructiva como en la fase operativa para adecuar a gas natural comprimido, a esta estación, se tendrá en cuenta “ *La Guía Ambiental para la Distribución de Gas Natural Vehicular GNV*”, cuarta versión de Mayo 4 de 2000, que fué elaborada bajo la participación del Departamento Administrativo del Medio Ambiente DAMA y la Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga, CDMB y con los aporte técnicos de Gas Natural E.S.P. S.A. y Promigas E.S.P. S.A .

### 5.1 DESCRIPCION DEL PROYECTO

La instalación de la estación comprenderá el tendido de una tubería de 1600 metros desde el punto donde el anillo vial y la avenida los Caneyes se interceptan hasta el sitio de ubicación de la estación.

Además involucra la adecuación del área para el montaje de los equipos de GNCV requeridos para el proyecto (estación de regulación y medición, almacenamiento, compresor, construcción de islas de surtidores, acometidas para gas, Ver figura 7.1 Instalaciones eléctricas, tablero de control, etc), y energía necesarias para la operación de los equipos, y la construcción de los recintos requeridos para garantizar la operación correcta y segura del proceso.

**Figura 5.1** Flujo del gas en la Estación de servicio



**Tabla 5.1** Partes del sistema de flujo en la estación de servicio

|    |                                                             |
|----|-------------------------------------------------------------|
| 1  | Gasoducto                                                   |
| 2  | Salida a los cuatro vientos                                 |
| 3  | Entrada a compresor brida 2 "                               |
| 4  | Válvula esférica 1 " para alta presión *                    |
| 6  | Barra de almacenaje (Batería de almacenamiento)             |
| 7  | Juego de bridas para tubería 1 "                            |
| 8  | Jaula porta tubos de almacenamiento                         |
| 9  | Válvula exceso de flujo                                     |
| 10 | Válvula esférica ½ " para alta presión                      |
| 11 | Conector recto 3/8 " acero inoxidable (entrada al surtidor) |
| 12 | Manguera de carga                                           |
| 13 | Válvula de tres vías para carga                             |
| 14 | Pico de carga                                               |

\*opcional: Sin válvula esférica pero con retención a la entrada del almacenaje.

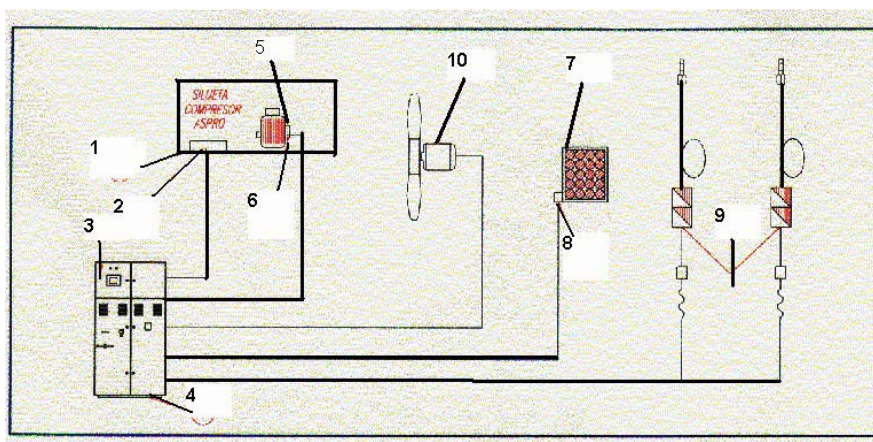
Es importante tener en cuenta al seleccionar los equipos que:

- El sistema de enfriamiento utilizado
- La temperatura del gas en los surtidores.

- Los consumos de aceite.
- El nivel de ruido y la frecuencia de fallas.

Gasauto S.A., como representante de Delta Compresión SRL, fabricante de los equipos ASPRO prestan el soporte técnico para garantizar una larga vida útil de los equipos instalados y tienen la certeza de contar con los equipos más confiables, económicos y eficientes del mercado.

**Figura 5.2** Sistema eléctrico en la Estación de servicio



**Tabla 5.2** Partes del sistema eléctrico de la estación de servicio

|    |                                                                         |
|----|-------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Entrada a tablero (Suministro de tensión de 480 voltios)                |
| 2  | Tablero sobre maquina                                                   |
| 3  | Tablero de control                                                      |
| 4  | Entrada de energía                                                      |
| 5  | Entrada al motor R 2 ½ " hembra (Cable de potencia del motor principal) |
| 6  | Termistores R 1" hembra (Protección eléctrica del motor principal)      |
| 7  | Almacenaje (batería de almacenamiento)                                  |
| 8  | Switch de alta presión en la batería de almacenamiento                  |
| 9  | Surtidores                                                              |
| 10 | Motor ventilador (Aero-enfriador)                                       |

## 5.2 UBICACIÓN

La EDS El Carmen está localizada sobre La Avenida Los Caneyes y la carrera 19 a un costado de la urbanización villa campestre del municipio de Girón y operara como una estación mixta, donde habrá suministro tanto de combustibles líquidos como gaseosos. El área destinada para la ubicación de equipos y suministro de GNV corresponde a un espacio ubicado en la parte trasera de la EDS, donde actualmente se presta el servicio de parqueadero.

El área a utilizar para la estación de servicio proyectada de GNCV, tiene un área de 2454.03 m<sup>2</sup>, Además de los equipos de compresión de GNCV y las islas de surtidores se prestará los siguientes servicios:

- Venta de gas natural vehicular
- Operará un taller para la conversión de vehículos a gas
- Montallantas
- Zona administrativa.

### 5.3 Partes de la estación

#### 5.3.1 Tablero de control

**Figura 5.3** Tablero de control de la Estación el Carmen (Girón-Santander)



El sistema de control consta de un tablero eléctrico para el comando y señalización de fallas del compresor. Tiene como componente principal de control a un PLC (Programing Logic Controller).

El tablero se encuentra dividido en dos partes:

- Control (parte superior del tablero)
- Potencia (parte inferior del tablero).

La tensión de alimentación del motor del compresor es conectada a través de un seccionador bajo carga con porta fusible de 630 A (seccionador principal), que se encuentra en la parte de potencia.

La tensión del motor (ventilador) se conecta por intermedio de un interruptor bajo carga de 40 A. Motor ubicado en la parte superior del compresor.

Ante un corte de alimentación de energía, el estado del ventilador queda registrado. Entonces al retornar la energía, y luego de habilitar el tablero, el ventilador se encenderá.

La alimentación de los capacitores encargados de la corrección del factor de potencia, se realiza a través de un contactor especialmente diseñado para tal fin, los mismos se encuentran protegidos por fusibles de alta capacidad de ruptura NH de 63 A.

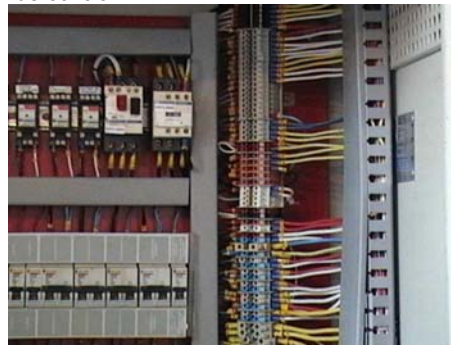
La tensión de alimentación de la parte de comando, debe ser 220 volts estabilizados y filtrados, y se conectan a los bornes 31 (rojo) y 32 (azul) de la bornera que se encuentra en dicha parte del tablero.

El gabinete es de tipo modular con cierre hermético que impide la penetración de polvo y goteo. Grado de protección IEC-IP 44 y NEMA 12.

El cableado está realizado como se indica a continuación:

- Los conductores empleados son con aislaciones tipo antillama.
- Todos los puntos de conexión eléctrica que finalicen en borneras o tuercas llevan terminales.
- Todos los conductores de comando llevan identificación numérica referenciada al plano.
- Todos los puntos con salida al exterior están agrupados y se conectan a borneras.
- El circuito, al igual que los motores, está protegido contra cortocircuitos, sobrecargas y alta o baja tensión .

**Figura 5.4** Cableado del panel de control



### 5.3.2. PLC

El controlador programable consta de una C.P.U. SAIA PCD2 del tipo modular. El mismo en conjunto tiene 24 entradas de 24 V y 12 salidas, (de 220 VCA para contactores y de 24 VCA para la válvula electro neumática del compresor y la campanilla de alarma). La programación es del tipo Ladder utilizando la lógica de relés programada en el PLC.

El programa consta de:

- Sistema de arranque.
- Sistema de detección de fallas (las cuales son mostradas en el panel de operador)
- Seguridad y manejo del compresor.

El sistema esta diseñado para que el control del proceso lo realice el PLC con el aditamento del panel para ver las funciones internas y externas del mismo, solo provocando cambios en ciertos parámetros del controlador, por tanto, no interviene en el funcionamiento del sistema, lo que implica que la desconexión del panel no afecta el funcionamiento del sistema.

**Figura 5.5** PLC instalado en la estación de servicio.



### 5.3.3. Display

Es un panel universal de operaciones UNIOF DE EXOR ELECTRONIC R&D del tipo inteligente, con pantalla gráfica **TOUCH SCREEN** en L.C.D., iluminado posteriormente con capacidad de mostrar 16 líneas de 40 caracteres, con las siguientes características:

- Compatible con casi todos los controladores programables.
- Memoria para mensajes programables en páginas y visualización dinámica de eventos internos y externos del PLC.
- Comunicado con el autómata por medio de un puerto serie tipo asíncrono

**Figura 5.6** Display vista anterior y posterior en el tablero de control



La estación consta de un sistema de monitoreo de fases que se encarga de evaluar la tensión de entrada trifásica, determinando si tiene anomalías, procediendo al corte del proceso si encuentra que ésta es baja o alta con respecto a la nominal o si falta una fase o hay desequilibrio entre ellas.

El motor del compresor se encuentra protegido por un relé térmico y termistores (PTC), y los motores de bomba y ventilador, por guarda motores de corte térmico magnético.

El sistema basa su funcionamiento en el control integral por medio de un autómata programable y del diálogo hombre máquina por un panel de operaciones inteligente con pantalla táctil (Touch screen).

Para un correcto funcionamiento se deberá verificar antes de la puesta en marcha del mismo las siguientes recomendaciones:

**Tensión de alimentación de potencia** : Es la tensión que alimenta al motor eléctrico del compresor. Esta tensión debe ser entregada por un transformador de media tensión que se encuentre lo mas cerca posible de la estación de servicio. El valor no deberá en ningún caso ser inferior a 390 volts. , de lo contrario esto traerá daños al motor eléctrico ya las demás instalaciones.

**Tensión de alimentación de comando** : Es la tensión que alimenta a la parte de control del tablero. Esta tensión debe ser entregada por un estabilizador de tensión de 220 volts.

**Puesta a tierra** :Este aspecto es sumamente importante, el tablero deberá tener una tierra independiente conectada al chasis del mismo, y otra conectada al borne de tierra que se encuentra en la parte de comando de éste (borne verde).

**Sistema de arranque:** Del tipo arrancador suave por medio de tiristores con contactor de By Pass, y cuenta con las siguientes protecciones:

- Por cortocircuito (fusibles).
- Por rotura de correas.
- Por sobrecarga.
- Por anomalías en la red.
- Por presión de aspiración fuera de valores normales.
- Por alta temperatura de gas.
- Por alta presión de gas.
- Por falla en compresión.

Todos los sensores cuentan con protección de seguridad intrínseca.

Desde el panel del operador se comandan todas las operaciones del tablero, el mismo contiene un programa compuesto por distintos tipos de páginas, en las cuales se distinguen celdas sensibles al tacto (como si fuesen botones), las que al ser pulsadas realizan una acción determinada.

**Funcionamiento de las teclas:**

**Compresor:** Muestra el menú de opciones para el control del mismo.

**Control:** Con esta tecla se ingresa a la página de procedimientos del compresor, en la cual se puede seleccionar el modo de funcionamiento del mismo (manual, automático y reposo), como así también ver su estado y el del almacenaje.

En ningún caso se deberá pulsar la tecla "COMPRESOR REPOSO" cuando éste se encuentre funcionando, ya que esto provocará una parada brusca del compresor, lo que podrá ocasionar daños en el mismo.

**C. Horas:** En esta pantalla se puede observar el tiempo de funcionamiento del compresor y la cantidad de arranques por hora que realiza, la cantidad total de arranques que ha realizado, y la cantidad máxima de arranques que el mismo haya tenido en una hora determinada de un día determinado.

Dentro de este menú, también se encontrará una tecla "DETALLE", la cual, al ser pulsada, permite el acceso a la página de igual nombre donde, por medio de gráficos de barras, se detallan las cantidades de arranques por día que el compresor tubo en los últimos 7 (siete) días.

**Monitor:** (Sólo disponible en equipos con arrancadores progresivos). Muestra los valores de Par, Coseno Fi, y Estado Térmico del motor del compresor.

**Servicios:** Muestra el menú de opciones de comando de la bomba centrífuga y ventilador del Aeroenfriador.

**Vent.:** Muestra la página de manejo del ventilador. Desde aquí se puede encender o parar el mismo en forma manual pulsando las teclas correspondientes ("MARCHA" o "PARADA"), como así también seleccionar el modo de funcionamiento, debiéndose pulsar "AUTOMATICO" para trabajar en tal modo (el ventilador se enciende unos segundos antes que el compresor, y se apaga unos minutos después que este.), o "PARADA" para volver al modo manual.

**Estados:** Muestra una pantalla de consulta en donde se pueden observar los estados generales tanto del compresor como así también el del almacenaje y el ventilador.

**Operador:** Muestra la página de optimización. Desde aquí se puede variar el brillo del panel pulsando "+" o "-" y ajustar los parámetros de funcionamiento de todo el sistema mediante las teclas "CUSTOMER" y "TIMERS", a las que sólo tendrá acceso personal autorizado.

**?** : Esta tecla se encuentra en todas las paginas antes mencionadas. La misma muestra un menú que servirá de ayuda para la correcta utilización del sistema.

**Salir:** Esta tecla sirve, en todos los casos, para ir saliendo de las distintas páginas hasta llegar a la página principal.

**Historial:** Muestra las últimas 256 alarmas, indicando la hora y fecha en la que se produjeron, como así también el momento de su reconocimiento (ver alarmas).

**Reset:** Sirve para reiniciar el proceso normal de arranque del compresor, por ejemplo: después de una alarma o de una parada programada.

## ELEMENTOS EXTERNOS

**HABILITACIÓN:** Esta llave, que se encuentra en la puerta superior del tablero, es la que permitirá que éste funcione, ya que el mismo necesita ser habilitado cuando se enciende por primera vez, luego de un corte de luz, o después de alguna falla de extrema gravedad (Ej.: sistema de seguridad). La forma de habilitarlo es girar la llave a la posición 1, y luego volverla a la posición inicial (0), de lo contrario, éste no responderá a ninguna orden.

**PARADA PROGRAMADA:** Obliga al compresor a detenerse en forma normal (comienza el proceso de despresurizado, y luego de haber perdido la presión necesaria, se detiene), sin importar el estado del presóstato de almacenamiento ni el modo de funcionamiento del compresor. Éste sólo volverá a arrancar cuando se pulse la tecla "RESET" del panel de operador y la presión de almacenamiento lo permita.

**PULSADOR DE AMPERÍMETRO:** Está en la puerta inferior de tablero, y al ser pulsado, habilita al amperímetro que se encuentra sobre él, permitiendo así, ver el consumo del motor del compresor en ese momento.

En ningún caso se deberá accionar este pulsador cuando el compresor se encuentre realizando el proceso de arranque, ya que el consumo en ese momento es mucho mayor al admitido por el amperímetro, y podría causarse la ruptura o descalibración del mismo.

**INDICADORES LUMINOSOS:** Deberán estar apagados en funcionamiento normal. Si alguno de ellos se enciende implicará que se ha cortado un fusible de capacitores (NH 63 A).

## MODO DE OPERACIÓN

Una vez alimentado el tablero y pasados 15 segundos, en los cuales se realizan los chequeos internos del PLC y el panel de operaciones, el tablero estará en condiciones de ser operado.

En el panel se podrá leer la leyenda **HABILITAR** en forma intermitente. Para habilitar gire la llave que se encuentra en la puerta superior del tablero hacia la derecha y luego vuélvala a la posición inicial, verificando que en el panel halla desaparecido la leyenda **HABILITAR**.

Una vez hecho esto, ingresar en el menú **SERVICIOS** y poner en marcha el ventilador del Aeroenfriador (preferentemente colocar en modo automático)

Luego desde el menú **COMPRESOR** en la opción **CONTROL** seleccionar el modo de funcionamiento del mismo. Si seleccionó modo automático deberá volver a la pantalla principal con la tecla SALIR y presionar la tecla RESET, con lo cual, si la presión de almacenamiento lo permite comenzará el arranque del compresor. El funcionamiento de éste será comandado por el Presóstato de almacenamiento.

Si seleccionó modo manual, el compresor será arrancado o parado desde la botonera que se encuentra en el tablero del mismo.

En caso de producirse alguna alarma el compresor iniciará el proceso de despresurizado o parará en forma brusca de acuerdo a la importancia de la alarma. Recordar despresurizar 1° y 2° etapa si es que el compresor paró en forma brusca.

### 5.3.4 Surtidor modelo AS 120 SI

**Figura 5.7:** Surtidor instalado en la Estación el Carmen (Girón – Santander)



La estación el Carmen en Girón consta de 3 surtidores para el suministro del gas vehicular esta información hace énfasis en la instalación, operación y mantenimiento de los surtidores.

Este equipo trabaja con líneas de gas alta presión 3555 psi (250 Kg./cm<sup>2</sup>) y tensiones de alimentación que implican riesgos para la vida humana.

El surtidor para Gas Natural Comprimido ASPRO GNC: Está construido de acuerdo con las normas vigentes en la República Argentina, para ello se ha realizado una cuidadosa selección de los materiales utilizados en la fabricación de los elementos componentes.

Brinda todas las ventajas que el usuario puede necesitar en cuanto a servicios y seguridad.

Puede ser interconectado a una computadora y/ o aun sistema de impresión de tickets con lectura de tarjeta magnética.

### ESPECIFICACIONES GENERALES

**Tabla 5.3:** Especificaciones del surtidor

|                          |                                                                 |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Alimentación de potencia | 220 v ca 50 hz. ( otras bajo requerimiento)                     |
| Back up de memoria       | Con batería interna                                             |
| Sistema de presentación  | Display de cristal liquido                                      |
| Configuración            | A través del teclado                                            |
| Consulta de totales      | A través de tecla de venta anterior / totales.                  |
| Consulta de ultima venta | A través de tecla de venta anterior / totales.                  |
| Sensor de flujo          | De tipo masico, no intrusivo.                                   |
| Conmutación de líneas    | A través de válvulas solenoides, comandadas por la electrónica. |
| Fin de carga             | Automática o manual                                             |
| Interfaces remotas       | Serie RS 485                                                    |

|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Teclado                             | 3 Teclas (una para totales y 2 para preselección de carga) en teclado de membrana).                                                                                                                                                                          |
| Detección de fallas                 | A través de mensajes en display.                                                                                                                                                                                                                             |
| Seguridad                           | En válvulas, tuberías de acero inoxidable, fittings y elementos de fijación.<br>Se toman elevados coeficientes de seguridad.<br>El cableado y la electrónica responden a las normas que rigen a equipos que trabajan en áreas peligrosas clase 1 división 1. |
| Barrera zener                       | Infalible                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Doble sistema de corte para presión | Uno operativo y otro de seguridad.                                                                                                                                                                                                                           |
| Presión de corte                    | 200 Kg/cm <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                       |
| Presión máxima de trabajo           | 250 Kg/cm <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                       |

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Para el correcto funcionamiento del equipo, el instalador deberá seguir las indicaciones detalladas a continuación:

- La línea de alimentación monofásica destinada a los surtidores debe tomarse directamente del tablero de distribución principal, de esta manera se evitará que equipos anexos alimentados por una misma línea produzcan interferencias o ruidos.
- La línea de alimentación de los surtidores deberá ser cableada utilizando una tubería de hierro (conduit) separada, si no fuera posible, se deberá utilizar cable twistado blindado, para proteger a la línea de pulsos de ruidos inducidos.
- Estas recomendaciones se aplican a la línea general de 220 V AC que llega al transformador aislador, así como a las líneas de alimentación individual para cada surtidor (las que salen del conjunto de llaves termo magnéticas)
- Los conductores utilizados para la línea de alimentación deberán poseer una sección mínima de 1 mm<sup>2</sup> Se deberá usar un transformador aislador de línea (220 V CA = > 220 V CA) con pantalla electrostática, como elemento separador entre la línea de alimentación de 220 V CA y los surtidores.
- La pantalla del transformador debe conectarse al chasis del tablero de distribución correspondiente, el cual debe estar conectado a potencial de tierra a través de la jabalina.
- Entre la línea de 220 V CA y el primario del transformador aislador de línea se conectará un filtro tipo EMI para 250 V AC 3 Amp 50/60 hz. con el propósito de proteger a los surtidores de pulsos de ruido de alta frecuencia presentes en la línea (8208).  
La conexión de masa al filtro de línea se debe conectar al chasis del tablero de distribución.

La ubicación física del conjunto filtro de línea / transformador aislador, no reviste mayor importancia siempre que sean tenidos en cuenta los puntos anteriores.

Por lo tanto, el conjunto filtro de línea / transformador aislador puede ubicarse en cualquier tablero de distribución de energía de la estación de carga, pero es recomendable tratar de ubicarlo en el mismo tablero en el que se encuentran instaladas las llaves termo magnéticas para habilitación de energía de cada surtidor. Se deberá utilizar un fusible general en la entrada del filtro de línea cuyo valor en amperes será:

$F[\text{Amp}] = 2 + n$  Donde:  
 $n$  = cantidad de surtidores

Para  $n = 1$  (un surtidor) debemos usar un fusible de 3 Amp.

Se deberá conectar el chasis metálico de los surtidores a potencial de tierra, utilizando el conductor de masa a tierra.

#### **CONEXION DEL CANAL DE COMUNICACION (AS 485)**

Para **MEDIDORES MASICOS ABL SM 01**, la conexión del canal de comunicación se deberá realizar en el conector que se encuentra disponible en el Mother board dentro de la caja antiexplosiva.

Para **MEDIDORES MASICOS DEVELCO**, la conexión del canal de comunicación se deberá realizar en el conector DB9 disponible en el cable de accesorios del surtidor. Este conector está en el interior del surtidor, ubicado generalmente a un lado del manómetro.

Para el canal de comunicación se necesita una cañería independiente que llegue hasta la sala de PC. Por esta cañería se deberán pasar cable de 3 conductores y la malla de puesta a tierra, esto será común a los dos medidores.

#### **SISTEMA DE GAS**

La(s) línea(s) de suministro de gas llegan al surtidor por un tubo de acero inoxidable 316 L ASTM A-269 de diámetro 3/8" x 1,24 mm.

El circuito de gas al entrar al surtidor es el siguiente:

- Filtro
- Solenoide (exceso de flujo)
- Reguladora
- Sensor
- Válvula de dos vías
- Manómetro presóstato
- Manguera de carga
- Válvula Break Away
- Válvula de tres vías
- Flexible
- Acople rápido (8202)

#### **FILTRO (6590)**

Se compone de un cuerpo principal (5091) que tiene en su interior el alojamiento para las mallas (5093 y 5094) y la placa perforada (5092), estando retenidos por un tapón (5090).

Este filtro fue diseñado y construido para soportar una presión de trabajo de 250 Kg/cm<sup>2</sup>.

### **VÁLVULA SOLENOIDE (7620)**

Esta formada por:

- Un cuerpo principal **(5126)**, donde trabaja el pistón **(5130)** que contiene el asiento de cierre **(5128)**.
- Un porta resorte, también llamado aguja, que actúa además como tapón **(5133)**
- Un resorte **(781 2)**
- La tapa **(5123)** del cuerpo principal dispone de:

Un perno roscado para poder alojar a la bobina de 24 Volts CA **(8465)** en su correspondiente cápsula antiexplosiva **(8153)** y sujetarla a la rosca con una tuerca **(5134)**.

- Una arandela para sellar el pasaje de gas. **(5127)**
- Un cuerpo secundario para la salida del GNC. **(5129)**

Esta válvula puede operar con una presión de trabajo de 250 Kg./cm<sup>2</sup> por lo que se la considera como operadora de alta presión.

En caso de producirse un exceso de flujo, la válvula solenoide se cerrará inmediatamente al ser desactivada eléctricamente.

### **VÁLVULA REGULADORA (7600)**

Después de pasar por la válvula solenoide, el GNC accede a la válvula reguladora. La válvula reguladora asegura una presión de corte de suministro de 200 Kg./cm<sup>2</sup>.

El gas comprimido entra al cuerpo **(5104)** encontrándose con el vástago **(5100)**.

El gas llega a la cabeza del vástago que se ve obligado a retroceder, corriendo al pistón **(5109)** y tensionando al resorte **(7808)**.

El vástago tiene dos gargantas para alojar aros especiales **(5101)** más un o'ring para evitar la fuga de gas. También dispone de otra garganta para pasaje de gas, cuyo espacio es restringido de acuerdo a la calibración dinámica.

Una vez calibrada, la válvula podrá fijarse mediante un precinto de seguridad.

El contenedor **(5106)** del resorte tiene un agujero testigo para el escape de gas, impidiendo de esta forma que se someta a presión en caso de rotura del o'ring.

La válvula reguladora está diseñada para trabajar con 250 Kg./cm<sup>2</sup>.

### **MEDIDOR MÁSIKO (sensor)**

El medidor másico no intrusivo, mide la masa que está circulando sin obstaculizar su paso, y luego la transforma en unidades de volumen mediante una operación aritmética.

Cada surtidor de carga ASPRO está equipado con uno de los modelos de medidor másico descriptos a continuación:

- **MEDIDOR MASICO ABL SM 01:** Constituido por un transductor del tipo resonante, alojado en una caja de plástico.

Este sensor está clasificado como Ex ia IIB T6 IP 54. La electrónica asociada está clasificada como Ex[ia] IIB IP 40.

- **MEDIDOR MASICO DEVELCO :** Constituido por un transductor del tipo resonante, alojado en una caja de acero inoxidable 316 L.

Este sensor cumple con la norma IRAM IAP IEC 79-11 :1995

Los sensores están alojados en sus respectivas cajas, ubicadas dentro del gabinete del surtidor. La señal enviada por estos dispositivos se deriva al sistema de cálculo y su posterior visualización .

### **VÁLVULA ESFÉRICA DE DOS VÍAS**

Esta válvula también se denomina “ de un cuarto de vuelta” por el recorrido de su palanca. Es apta para trabajar con 250 Kg./cm<sup>2</sup>.

La válvula esférica de dos vías se emplea normalmente en posición abierta y permite el bloqueo manual en caso de emergencia.

### **MANOMETRO PRESÓSTATO**

El manómetro presóstato es un instrumento de seguridad para corte por sobre presión, reglamentado en la Norma GE N° 1-141 Anexo N° 1 , Item 2.3.

La aguja del instrumento arrastra y conecta un contacto eléctrico generando la desconexión de la válvula solenoide. La precisión del instrumento es de clase 1.

### **MANGUERA, VÁLVULA BREAK AWAY, VÁLVULA DE TRES VIAS Y**

- **ACOPLE RÁPIDO**

La **manguera de carga** tiene un diámetro de 1/4" con conectores de 1/4" NPT macho para uso de GNC y es apta para 5000 PSI.

La **manguera de carga** consta de dos tramos, uno de 2750 m.m y el otro de 900 m.m de longitud.

La **válvula Break Away** o válvula de desacople rápido está construida en acero inoxidable y cumple la función de desacoplar la manguera ante un tirón excesivo.

La **válvula de 3 vías** está ubicada en el extremo de cada manguera y se acciona manualmente para el inicio y fin de carga.

Es una válvula de acero inoxidable 316 L para 6000 PSI con asientos de Kal-F.

**Figura 5.8:** Válvula de tres vías del surtidor.



A la salida de la válvula de 3 vías se conecta una manguera flexible de 380 m.m de longitud apta para GNC, de diámetro 1/4" para 5000 PSI, a la cual se conecta un acople rápido.

El **acople rápido** es un conector construido en acero inoxidable y sus dimensiones responden a las normas vigentes en nuestro país.

## **SISTEMA ELÉCTRICO y ELECTRÓNICO**

### **INTRODUCCIÓN**

La operación del surtidor ASPRO GNC AS 120 SI es sencilla e intuitiva y requiere sólo unos minutos de atención para conocer todas sus funciones.

Se ha hecho un considerable esfuerzo para lograr que la operación de las funciones de acceso por teclado tengan una reacción lógica.

### **SISTEMA ELÉCTRICO**

El sistema eléctrico se encuentra principalmente contenido en dos cajas antiexplosivas ubicadas dentro del gabinete del surtidor.

#### **CAJA ANTIEXPLOSIVA (8502)**

Dentro esta caja antiexplosiva se encuentra la bornera de entrada de corriente y la conexión a tierra. La conexión a tierra se debe realizar con una varilla a tierra con un valor de resistencia menor a 5 ohm.

#### **CAJA ANTIEXPLOSIVA (8503)**

Para **MEDIDORES MASICOS ABL SM 01**, dentro de esta caja se alojan:

- El transformador principal: Es el encargado de reducir la tensión de alimentación (220 V AC) a los valores adecuados para todos los componentes del sistema.
- La placa Mother Board: es la placa principal del sistema. En ella se conectan las placas de los medidores másicos y todos los cables del sistema.

- Plaquetas de los medidores másicos: Reciben las señales eléctricas de los medidores másicos y con ellas preparar la información que será mostrada en los displays.

Sobre cada una de ellas se encuentra un Led rojo que indica el nivel «cero».

- Batería: Es la encargada de mantener el sistema energizado después de un corte de energía.  
Esta batería es de 12 V, del tipo GEL, libre de mantenimiento.

Para **MEDIDORES MASICOS DEVELCO**, dentro de la caja se alojan:

- El transformador principal: es el encargado de distribuir las distintas tensiones a los componentes del sistema. También se encuentra el filtro de línea para protección del circuito primario.
- La placa Mother Board: Es la placa principal del sistema, se encarga de realizar todas las operaciones de control y procesos del sistema.
- Plaquetas de los medidores másicos: Reciben las señales eléctricas de los medidores másicos y con ellas preparar la información que será mostrada en los displays.  
Sobre cada una de ellas se encuentra un Led rojo que indica el nivel «cero».
- Batería: Es la encargada de mantener el sistema energizado después de un corte de energía. Esta batería es de 12 V, del tipo GEL, libre de mantenimiento.
- Cortar alimentación eléctrica antes de abrir la caja antiexplosiva.

## **SALIDAS DE SEGURIDAD INTRINSECAS**

Las salidas de seguridad intrínsecas son controladas por las BARRERAS ZENER INFA- LIBLES.

Tienen diodos zener duales en contraposición y resistores limitadores de corriente en las ramas de entradas y salidas de las barreras.

Los valores de tensión y corrientes que se manejan en las salidas, son previamente suministrados ala barrera zener para garantizar la seguridad

Los circuitos impresos cumplen la norma IRAM IEC 326-3 que regula la clasificación de temperatura de las conexiones.

El ancho medio de las pistas de los circuitos es de 0.3 m.m a una corriente de 0.5 mA.

Las salidas de seguridad intrínsecas son las siguientes:

- Salida a displays
- Salida a accesorios
- Sensor
- Todas las salidas son «NO» capacitivas. Capacidad máxima de salida 100 pF.

## **SALIDA A DISPLAYS**

El display se alimenta con: 5 V CC 0,8 mA. La salida de datos es de: 1,2 V CC 0,38 mA.

## **SALIDA A ACCESORIOS**

La salida a Accesorios es de: MÁXIMO 1,2 V CC 0,38 mA.  
Es decir que, los pulsadores de totales, venta anterior, carga preestablecida, presóstatos, switch de manguera y teclado para ingreso de datos, trabajan con esta corriente.

El beeper (señal sonora) se alimenta con: 12 V C.C. 1 mA.

## **PROGRAMACION DEL SURTIDOR ASPRO GNC: MEDIDOR MASICO ABL SM 01**

**Tabla 5.4 :** Códigos de error en el medidor masico ABL SM 01

| <b>Códigos de error:</b>      |                                                                                                                                |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>EFL:</b> Exceso de Flujo   | Indica un excesivo flujo másico de despacho.<br>Se resetea colgando la manguera y pulsando «Venta Anterior».                   |
| <b>PST:</b> Alta Presión      | Indica una excesiva presión de despacho (mayor a 200 Bar).<br>Se resetea colgando la manguera y pulsando «Venta Anterior».     |
| <b>BAT:</b> Falla de Potencia | Indica que la alimentación de potencia se ha interrumpido, o bien que su valor de tensión descendió por debajo de los 140 V AC |

## **EL TECLADO**

El surtidor poseerá un teclado de 3 teclas por cada manguera ubicado debajo de cada display.

Desde dicho teclado se pueden realizar operaciones básicas (consulta de venta anterior, de totales, preseteo de carga). Como también se puede realizar configuraciones, con 3 niveles de acceso.

## **OPERACIONES BASICAS**

### **Consulta de venta anterior:**

Presionar 1 vez el pulsador de venta anterior, con lo cual el display mostrara el valor en \$ y la cantidad de M<sup>3</sup> despachados en la venta anterior.

Para volver a la ultima venta, descolgar la manguera y colgar nuevamente.

### **Consulta de totales:**

Presionar 2 veces el pulsador de venta anterior con lo cual el display mostrara el acumulado del totalizador.

Este valor estará representado por un numero de 12 dígitos, siendo menos significativo el display de m<sup>3</sup>.

Para volver a la ultima venta, descolgar la manguera y colgar nuevamente.

### **Preseteo de carga:**

Con la manguera colgada, seleccionar el importe de carga deseado con las flechas del teclado y luego presionar venta anterior.

Quedara indicado el preseteo de la carga en el display de \$ por m<sup>3</sup> con la aparición de « : » en el centro del mismo.

Para quitar el preseteo de carga presionar la flecha hacia arriba, después hacia abajo con lo que desaparecerán los « : » mencionados.

### **Configuraciones:**

Hay 3 niveles de acceso a configuraciones.

El primer nivel corresponde a la configuración de precio por M<sup>3</sup> y al intervalo de preseteo de carga es decir, el menor valor que se puede presetear una carga y sus múltiplos.

Para los cambios en la configuración de nivel restringido, consultar a Delta Compresión S.R.L.

### **AJUSTE DE PRECIO POR NM<sup>3</sup>**

Para ingresar el precio /Nm<sup>3</sup> proceder de la siguiente manera:

1. Con la manguera de carga colgada presionar durante 5 segundos la tecla de «venta anterior / totales». Al soltar la tecla, los displays indicarán 88888

2. Presionar las siguientes teclas en el orden indicado:

↑↑ ↓↓ V. Anterior

El display mostrará en el cuadrante central la leyenda precio y en el inferior el valor actual.

3. Presionando la tecla V. Anterior titilará el dígito más significativo, y con las flechas hacia arriba o hacia abajo se podrá seleccionar el valor deseado.

4. Presionando la tecla V. Anterior titilará el dígito siguiente. Proceder igual que en el caso anterior.

5. Sucesivamente se ingresan los valores de todos los dígitos. Una vez ingresado el último valor, pulsar V. Anterior, titilará el punto decimal, el cual podrá ser desplazado ala posición deseada con las flechas.

6. Una vez fijado el punto decimal y al presionar V. Anterior titilará todo el número. Esto indica que el nuevo precio ya fue ingresado.

7. Para volver al display a su indicación normal, basta con descolgar y volver a colgar la manguera.

### **PROGRAMACIÓN DEL SURTIDOR ASPRO GNCV: MEDIDOR MASICO DEVELCO**

**Tabla 5.5** Códigos de error para el medidor masico Develco

| Códigos de error: |                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 01 *              | Exceso de flujo                            | Indica un excesivo flujo masico de despacho. Se resetea colgando manguera y pulsando "PRECIO ANTERIOR "                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 02 *              | Alta presión                               | Indica una excesiva presión de despacho (mayor de 200 Kg/cm <sup>2</sup> )                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 03 *              | Falla de potencia                          | Indica que la tensión de línea ha descendido por debajo de los 140 volt. AC.<br>Deshabilita la carga y solo se resetea al normalizarse la tensión de línea.                                                                                                                                                                                                  |
| 04 *              | Error de totales                           | Información de totales corrupta debido a eventos externos.<br>La presentación en display puede parecer correcta, pero la información ya no es fiable. El reseteo solo es posible en fabrica, reponiendo los totales a su valor correcto.                                                                                                                     |
| 05 *              | Línea deshabilitada                        | La línea o manguera se encuentra deshabilitada. Se resetea colgando la manguera y pulsando "PRECIO ANTERIOR"                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 06 *              | Perdida de gas                             | Ocurre cuando la línea no esta en carga y existe un flujo de gas superior a los 10 gr./seg.                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 07 *              | Error en medidor masico de flujo           | La información entregada por el sensor masico esta fuera de escala.<br>El error indica un reporte de falla del propio sensor.<br>Se resetea colgando la manguera y pulsando "PRECIO ANTERIOR"                                                                                                                                                                |
| 08 *              | Falla en pulsadores de precio anterior     | Ocurre cuando alguna tecla de "PRECIO ANTERIOR" permanece pulsada por mas de 40 seg. (generalmente por una tecla trabada).<br>Se resetea automáticamente al desaparecer la falla y su aparición no penaliza la operación del equipo.                                                                                                                         |
| 09 *              | Falla en pulsadores de selección de precio | Ocurre cuando alguna tecla de "PRECIO ANTERIOR" permanece pulsada por mas de 5 seg. (generalmente por una tecla trabada).<br>Se resetea automáticamente al desaparecer la falla y su aparición no penaliza la operación del equipo.                                                                                                                          |
| 10 *              | Error de secuencia programada              | Indica una secuencia de operación de computo errónea, causadas por líneas de alimentación excesivamente ruidosas o fallas de instalación.<br>Se resetea colgando la manguera y pulsando "PRECIO ANTERIOR"                                                                                                                                                    |
| 11 *              | Error de grabación en E2 EPROM             | Los datos en la E2 EPROM se grabaron con error. Si la falla es ocasional, se debe a un problema de ruido en la línea de alimentación de potencia.<br>Si la falla persiste, se debe al chip E2 EPROM defectuoso, lo que exige su inmediato reemplazo.<br>No penaliza la operación del equipo.<br>Se resetea colgando la manguera y pulsando "PRECIO ANTERIOR" |
| 12 *              | Error de calculo de checksum en la CPU.    | Indica una secuencia de operación de computo errónea, causadas por líneas de alimentación excesivamente ruidosas o fallas de instalación.<br>Salvo la presentación del error, no penaliza la operación del equipo.<br>Se resetea colgando la manguera y pulsando "PRECIO ANTERIOR"                                                                           |
| 13 *              | Error de calculo aritmético en la CPU.     | Indica una secuencia de operación de computo errónea, causadas por líneas de alimentación excesivamente ruidosas o fallas de instalación.<br>Salvo la presentación del error, no penaliza la operación del equipo.<br>Se resetea colgando la manguera y pulsando "PRECIO ANTERIOR"                                                                           |
| 14 *              | Error de escala                            | Indica que el precio por metro cúbico seleccionado no corresponde al rango actualmente programado.<br>Salvo la presentación del error, no penaliza la operación del equipo.<br>Se resetea colgando la manguera y pulsando "PRECIO ANTERIOR"                                                                                                                  |
| 15 *              | Error de parciales                         | Información de parciales corrupta debido a eventos externos.<br>La presentación en display puede parecer correcta, pero la información ya no es fiable.<br>Salvo la presentación del error, no penaliza la operación del equipo.<br>No afecta en absoluto la información de totales.<br>Se resetea colgando la manguera y pulsando "PRECIO ANTERIOR"         |
| 16 *              | Error en "NV. RAM"                         | La RAM no volátil perteneciente al chip "U1" en la mother board tiene su batería de back up agotada.<br>Se resetea colgando la manguera y pulsando "PRECIO ANTERIOR"                                                                                                                                                                                         |

Notas: (\*) En estos casos siempre se interrumpe la carga en proceso.

Los errores 11 , 12, 13 y 14 se incluyen a los efectos de chequear las bondades de la Instalación eléctrica de los surtidores.

En condiciones normales de operación no deberían presentarse jamás, salvo eventos catastróficos, tales como tormentas eléctricas que perturben considerablemente la distribución de potencia, líneas de alimentación de potencia excesivamente ruidosas, cortocircuitos o sobrecargas transitorias que afecten directamente la línea de alimentación de los surtidores.

Tomar siempre en cuenta los «requisitos para distribución de energía» que aseguran la mejor performance del sistema.

En los casos en que por dificultades de índole práctica no se puedan cumplir aquellos requisitos, se recomienda alimentar los surtidores con una fuente de «energía interrumpible» del tipo ON LINE con salida senoidal pura sincronizada.

## **EL TECLADO**

El surtidor posee un teclado de 3 teclas por cada manguera ubicado debajo de cada Display. Desde el teclado se pueden realizar operaciones básicas (consulta de venta anterior, de totales, preseteo de carga).

## **OPERACIONES BASICAS**

### **Consulta de venta anterior:**

Presionar 1 vez el pulsador de venta anterior, con lo cual el display mostrara el valor en \$ y la cantidad de M<sup>3</sup> despachados en la venta anterior. Para volver a la ultima venta, descolgar la manguera y colgar nuevamente.

### **Consulta de totales:**

Mantener presionado el pulsador de venta anterior durante 6 segundos. El display mostrará el acumulado en \$ y en Nm<sup>3</sup> del surtidor.

### **Preseteo de carga:**

Con la manguera descolgada, y el display mostrando 88888, presetear la carga con la tecla Flecha Arriba o Flecha Abajo.

Una vez ingresado el valor deseado el surtidor se resetea y está en condiciones de efectuar la carga preestablecida. El preseteo de carga se quita al finalizar la carga programada.

## **AJUSTE DE PRECIO POR NM<sup>3</sup>**

Para ingresar el precio /Nm<sup>3</sup> proceder de la siguiente manera:

1 .Para ingresar a la rutina de cambio de precio, presionar durante 4 segundos

V. Anterior + Flecha abajo (de mangueras)

2. Con la tecla V. Anterior seleccionar la Función 2 y luego presionar Flecha hacia abajo.

3. Una vez ingresado en la función con la tecla «flecha arriba», seleccione el dígito a modificar.

Cuando pulse «flecha arriba» el dígito seleccionado destellará una vez y con la «flecha abajo» seleccionar el valor deseado.

4. Ajustar todos los dígitos del N° para ingresar el valor deseado.

5. Para grabar los datos y salir del menú de ajuste de precio, presionar V. Anterior + flecha Arriba

6. Para salir del menú de Funciones, presionar V. Anterior + Flecha Abajo.

Nota: Tener en cuenta que todas estas correcciones se hacen desde el teclado de la manguera N° 2 del surtidor y su acción se ve reflejada en ambas mangueras.

### **OPERACION DEL SURTIDOR PARA EXPENDIO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO Común a los dos medidores**

Para efectuar el despacho de GNC previamente debe verificarse que se cumplan las siguientes condiciones:

- Alimentación eléctrica normal (220 Volts)
- Presión de suministro de GNC normal.
- Válvula esférica de bloqueo manual totalmente abierta.

Cumplidas estas condiciones:

1. Desprender la válvula de carga de su alojamiento

2. Se produce la puesta a cero en el display y posteriormente la apertura de la válvula solenoide.

3. Conectar al vehículo el acople rápido y abrir la válvula de carga lentamente para comenzar la carga.

4. El final de la carga se establece cuando en el display parpadean los dígitos de precio por M<sup>3</sup>, al mismo tiempo se escucha una señal sonora (tres beeps) y el manómetro indica 200 Kg./cm<sup>2</sup> y la lámpara de la luminaria destella en conjunto con el beeper.

### **OPERACIÓN EN CONDICIONES DE EMERGENCIA**

En caso de ruptura de la manguera, se procederá a cerrar la válvula esférica de bloqueo, aunque el dispositivo de exceso de flujo haya actuado.

El sistema no posee partes o mecanismos que requieran mantenimiento salvo el acople rápido, al que se le deberán verificar los O-ring que sellan durante la carga.

Los elementos deben ser sometidos a limpiezas periódicas. .

### **PRECAUCIONES**

- Verificar la correcta ubicación del acople rápido en el alojamiento antes de iniciar carga.
- No abrir violentamente la válvula de carga.
- Verificar antes de cargar un vehículo que se haya reseteado la válvula solenoide.

## **GARANTÍA**

Se provee una garantía por un período de seis meses, contados a partir del día de puesta en marcha, o de siete meses contados a partir de la entrega, de acuerdo a cual sea la primera que se cumpla.

Esta garantía no cubre defectos o daños ocasionados por:

- Impericia en el manejo de la instalación, accidentes, incendios, inundaciones, impactos de vehículos, daños vandálicos, descarga de rayos o cualquier otro fenómeno atmosférico.
- No será responsabilidad de la empresa vendedora, los perjuicios en los equipos por culpa o negligencia de personas que pudieran ingresar a las instalaciones y que forma directa o indirecta causen daños en los mismos.

La empresa vendedora no se responsabiliza por los daños ocasionados al equipo por una inadecuada limpieza de las cañerías (agua u otros residuos).

La empresa vendedora no reconocerá garantías por mangueras de carga, Chicotes de carga y/o Válvulas de despacho (válvulas de 3 vías).

## **5.3.5 Almacenamiento**

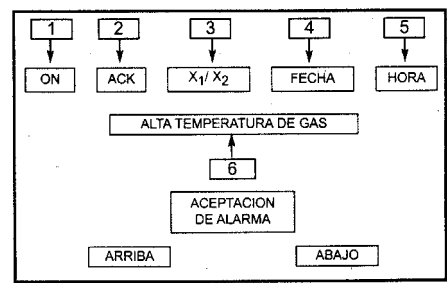
Está compuesto por una batería de 1200 lts de capacidad de almacenamiento de GNCV.

El almacenaje de GNCV, para una óptima operación de la estación, es de tipo vertical. Los cilindros están interconectados con tuberías de acero inoxidable y cuentan con sus correspondientes válvulas de cierre.

## **5.4 ALARMAS**

Cada vez que ocurriese alguna falla, el panel de operador informará de la misma mediante la denominada "Página de alarmas", donde:

**Figura 5.9: Instrucciones panel de alarmas**



1. La leyenda **ON** indica que la falla se encuentra presente, mientras que si la misma fuera **OFF** quiere decir que ya ha sido solucionada.

2. **ACK** indica que la falla aun no ha sido reconocida, para lo cual se deberá pulsar la tecla "ACEPTACION DE ALARMA", una vez realizada dicha acción, este espacio aparecerá en blanco.

3. Permite saber cuántas fallas hay presentes en ese momento, donde X1 es el número de falla y X2 el total de fallas presentes (Ej.: 1/ 2 = falla N° 1 de un total de 2 fallas presentes ).

4. y 5. Muestran la fecha y hora en que se produjo la falla.

6. Muestra cuál es la falla en cuestión.

**Arriba y Abajo** Se utilizan para poder ver todas las fallas, ya que el panel no puede mostrar más de dos fallas a la vez.

**“Aceptación de alarma”** Al pulsar esta tecla no sólo se reconoce la alarma, sino que también se apaga la sirena y el panel pasa a una página de ayuda para la solución de la falla.

**Nota:** Esta página es similar a la de **HISTORIAL** como así también su forma de lectura.

Mientras la falla no se solucione, el panel retornará indefectiblemente a la página de alarma.

Cuando la falla esté solucionada, después de presionar **ACEPTACIÓN DE ALARMA**, el panel no volverá a la página de alarma y bastará presionar **RESET** para volver a poner en marcha al compresor.

## **5.5 Resumen de posibles fallas**

### **5.5.1. El PLC no muestra señales de funcionamiento y el panel esta apagado**

#### **Posible causa:**

El fusible de alimentación general se encuentra bien y el de la parte de 24 voltios se encuentra quemado o mal puesto. Verifique que el fusible de 24 voltios dc no se encuentre en mal estado.

#### **Posible causa:**

No tiene tensión de alimentación. Conectar los bornes 29 y 30 con tensión estabilizada y filtrada (preferiblemente de un estabilizador ferro-resonante) o verifique que si esta llegando corriente al tablero.

#### **Posible causa:**

No están accionados los interruptores del comando o están mal colocados. Accionar los interruptores que están en la parte superior del tablero (seccionadores – portafusibles).

**Possible causa:**

Algún fusible del comando esta en mal estado. Verifique los fusibles o su buena conexión eléctrica. Verifique por que ese fusible esta quemado. Algún elemento de campo mal conectado, como la electro válvula del compresor.

**5.5.2. El panel esta apagado y el PLC se encuentra encendido.**

**Possible causa:**

Se quemo el fusible del panel del operador. Revisar el fusible que se encuentra en la parte posterior del panel del operador. Si el mismo se encuentra dañado se podrá ver un led rojo encendido detrás de este.

**5.5.3. Las funciones que intenta realizar no son ejecutadas.**

**Possible causa:**

No hay comunicación entre el PLC y el panel, la lámpara COM del panel parpadea. Verifique la conexión del cable comunicación entre el PLC y el panel, es el cable gris con fichas del tipo computación

**5.5.4. Disparo del térmico de algún motor.**

**Possible causa:**

Calibración baja del térmico, Esto ocurre en la etapa de prueba del tablero, esto es cuando se coloca por primera vez. La solución, regular el térmico, debe ser tomada por el personal de delta Compresión, caso contrario se puede incurrir en la invalidación de las garantías de el o los equipos que intervienen en el proceso, ya que la mala calibración de estos elementos de seguridad pueden dañar los elementos de control.

**Possible causa:**

Problemas en el motor. Pueden darse problemas a largo plazo como por ejemplo fallas en la aislamiento de los motores, problemas mecánicos que traben el giro de estos, falla en la hermeticidad, pudiendo entrar agua, baja tensión en el suministro de energía, numerosos arranques con poco tiempo entre ellos, provocando el calentamiento de los contactores y su posterior deterioro, etc. Cuando hay un salto del térmico es imprescindible que se revisen estas posibles causas antes de resetear el térmico, ya que colocar el sistema nuevamente en funcionamiento con este tipo de problemas causa deterioro en los contactores y térmicos, llegando hasta su total destrucción (como en el caso de los contactores del compresor, debido a los grandes esfuerzos eléctricos y dinámicos en el arranque). La reposición reiterada de un térmico ante un problema de calentamiento o falla en el motor invalida la garantía.

**Possible causa:**

Problemas de tensión, El tablero cuenta con un monitor de fases que tiene regulación de los umbrales de tensión (cuyos valores máximo y mínimo son ajustados, por personal técnico de Delta Compresión, en la puesta en marcha del equipamiento). La modificación de estos limites en mas o menos, implica que ante un problema de

suministro eléctrico, este no actúe convenientemente provocando el deterioro gradual a corto o largo plazo de los elementos de control que están amparados por este dispositivo.

#### 5.5.5. Falla el arrancador suave

**Figura 5.10** Arrancador suave del motor eléctrico del compresor



##### **Posible causa:**

Problemas en las líneas de alimentación. No reemplazar fusibles sin antes “verificar” que no exista tensión en la fusiblera. Solucionar el problema en la línea de alimentación y luego resetear el arrancador.

#### 5.5.6 En el panel se enciende la señal roja FAULT

##### **Posible causa:**

Bajo Nivel en las baterías de respaldo del reloj interno. La operación de cambio de baterías es una tarea sencilla.

Desconecte el panel sacando la ficha que tiene en la parte de atrás, del lado inferior izquierdo (visto de atrás), que es la alimentación, luego retire la tapa que tiene cuatro tornillos del tipo Philips y se encontrara con una batería del tipo de calculadoras. Retírela con cuidado y reemplácela por otra nueva del modelo DL2430 de litio de 3 v o equivalente, colocándola con el lado positivo hacia usted. Luego retorne la tapa que quito y conecte nuevamente la alimentación. No obstante, antes de cambiarla informe del hecho a DELTA compresión, no es un problema de consideración el cado de demorar el cambio de pilas.

## 6. ANÁLISIS ECONOMICO DE ESTACIONES DE SERVICIO DE GNCV

La Unidad de Planeación Minero Energética UPME del Ministerio de Minas y Energía de Colombia ha estimado que en los próximos 10 años se instalarán 500 estaciones surtidoras de gas natural, 90 talleres y se adaptarán aproximadamente 115.000 vehículos, principalmente en las ciudades del interior del país, con inversiones del orden de USD 275 millones en estaciones de servicio, USD 6.3 millones en talleres y USD 270.3 millones en adaptaciones de vehículos para un total de USD 551.6 millones.

El potencial de vehículos (Buses y taxis) en Colombia susceptibles de conversión, según estadísticas del Ministerio de Transporte, ascenderían a 82,000 en las principales ciudades de Colombia. Estas cifras no incluyen los camiones de reparto ni otras posibles alternativas de conversión como los montacargas, los vehículos particulares, etc., que al considerarlas, superarían los 115,000 vehículos.

**Tabla 6.1** Mercado Potencial Convertible

| CIUDAD       | PARQUE         | CONVERTIBLE   | BUSES         | TAXIS         |
|--------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| Bogotá       | 84.661         | 34.887        | 9.302         | 25.585        |
| Medellín     | 41.295         | 19.452        | 5.822         | 13.630        |
| Cali         | 22.414         | 7.200         | 867           | 6.333         |
| Bucaramanga  | 11.433         | 2.897         | 433           | 2.464         |
| Cúcuta       | 8.014          | 3.232         | 824           | 2.408         |
| Pereira      | 5.711          | 2.303         | 587           | 1.716         |
| Manizales    | 5.919          | 2.386         | 608           | 1.778         |
| Ibagué       | 5.837          | 2.354         | 600           | 1.754         |
| Pasto        | 4.231          | 1.706         | 435           | 1.271         |
| Otras        | 15.411         | 6.213         | 1.583         | 4.630         |
| <b>TOTAL</b> | <b>201.926</b> | <b>82.630</b> | <b>21.061</b> | <b>61.569</b> |

Los agentes directos de este negocio lo constituyen las estaciones de servicio, los talleres de conversión y mantenimiento y las comercializadoras de equipos de conversión. Los indirectos son los usuarios finales que decidan convertirse a gas natural.

Aunque la demanda total estimada de GNV apenas representa el 9% del pronóstico total del gas natural, este programa presenta beneficios económicos importantes para el país tales como los ahorros en la salida de divisas producto de la disminución en la importación de gasolina, movimiento de la economía por generación de empleo y desarrollo de la microempresa.

Los resultados de la experiencia en Colombia con el uso del GNV establecen claramente su aceptación dentro de los usuarios, sustentada principalmente, en los aspectos económicos y ambientales, que dan señales claras del interés que existe en el sector privado para impulsar su crecimiento

### 6.1 ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROGRAMA

Dada la liberación de precios de la gasolina en Colombia a partir de enero de 1999 y según resultados de estimaciones desarrolladas, la recuperación de la inversión para el usuario que decida convertirse a gas natural oscilaría entre 9 y 18 meses dependiendo del tipo de vehículo, del consumo de combustible diario, del tipo de financiamiento, etc.

- **Dimensionamiento**

Estudios de pre-factibilidad, factibilidad e implementación que contemplen los siguientes tópicos:

- Estudio del mercado: Objetivos, nicho, meta, estrategias, mix
- Estudio técnico: Selección de equipos, lugar, diseño
- Estudio legal y regulatorio: Trámites institucionales min-minas, min-ambiente, normatividad vigente, requisitos varios
- Estudio de riesgos: Financieros, mercado, construcción, operación, políticos, orden público, legales, crediticios
- Estudio financiero :Escenarios, evaluación, garantías a ofrecer
- Estudio ambiental: Impacto

#### **Estudio legal y regulatorio**

- Revisión de todas las Leyes, Resoluciones, Decretos, Vigentes Min-minas, Min-transporte, Min-ambiente, Min-hacienda .
- Revisión de todas las normas de carácter regulatorio vigentes CREG

#### **Estudio de riesgos**

- Determinar las situaciones no previstas que puedan surgir durante la vida del algún proyecto o factores existentes que se puedan agravar, que alteren de manera significativa el normal desarrollo del proyecto.
- Cuantificar el efecto de tales factores en la evaluación financiera.
- Identificar las medidas remediales o garantías adicionales que mitiguen los efectos de los factores descritos.

Ejemplos de algunos riesgos

- Mercado
- Variación del volumen de ventas
- Efectos de la competencia
- Variación de precios
- Construcción
- Cumplimiento del programa de construcción
- Cumplimiento del presupuesto
- Calidad de los diseños, obras, instalaciones
- Actos de Dios

#### **Estudio financiero**

- Monto global de la inversión
- Monto de capital propio
- Créditos internos y externos, plazos y tasa de interés

- Presupuesto de ingresos
- Presupuesto de gastos
- Presupuesto de caja

### **Estudio ambiental**

- Impacto que produce el proyecto como tal
- Antes y después de ...
- Preservación de medio ambiente a través de un desarrollo sostenible
- Neófitos en materia de proyectos de GNV en Colombia

### **Criterios de evaluación financiera de proyectos**

- TIR
- VPN
- Razón Beneficio Costo
- Retorno de la inversión
- Rendimiento del capital invertido
- Rendimiento según el riesgo

#### • ***Tasa Interna de Retorno***

La TIR se define como la tasa de descuento que reduce a cero el valor presente de una serie de ingresos y egresos.

La inversión será conveniente si la tasa interna de retorno es mayor que la tasa de interés pertinente.

#### • ***Valor Presente Neto***

El VPN de un proyecto es el valor actual del excedente que la empresa obtiene por encima del que lograría mediante la inversión alternativa representada a través de la tasa de descuento, que en este caso, representa el costo de oportunidad del capital invertido

### **Aspectos tributarios**

- Exención del IVA en las importaciones de los equipos para las estaciones y los vehículos (kit's y cilindros)
- Impuesto de renta 35%
- Industria y Comercio
- Predial
- Contribuciones y permisos

### **Supuestos**

- Inversión
- Capacidad del compresor
- Precio de compra del GN
- Precio de venta del GNC
- Número de buses y vehículos a atender
- Consumos promedios

- Gastos Administración
- Operación
- Mantenimiento
- Tributarios
- Estructura del capital
- % Recursos propios, % financiamiento (plazo, tasa, gracia, garantías, forma)
- Tasa de descuento

### • **Supuestos**

- Inversión
- Local (compra ?, arrenda ?), adecuación del local, herramientas, muebles y enseres
- Ingresos
- Determinar días de trabajo, puestos de trabajo (taxis, buses?)
- Gastos administrativos
- Arrendamientos, Salarios, publicidad, utilidades, seguros, impuestos
- Gastos de operación
- Salarios, gastos generales, servicios públicos
- Estructura del capital
- % Recursos propios, % financiamiento (plazo, tasa, garantías, forma)
- Tasa de descuento

Estimaciones financieras realizadas, permiten observar los siguientes tiempos para la recuperación de la inversión de cada uno de los negocios:

### • **Recuperación de la inversión**

**Tabla 6.2** Recuperación de la inversión

|                                            | SIN FINANCIAMIENTO | CON FINANCIAMIENTO |
|--------------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Estación de servicio SIN terreno (Años)    | 5 a 7              | 8 a 10             |
| Estación de servicio CON terreno (Años)    | 8 a 10             | 11 a 13            |
| Talleres de Montaje y Mantenimiento (Años) | 5                  | 7                  |

### **Rentabilidad de los negocios\***

**Tabla 6.3** Rentabilidad de los negocios

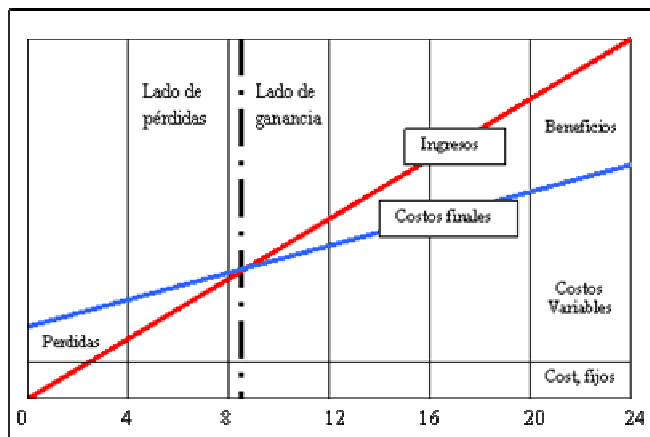
|                          |        |
|--------------------------|--------|
| Estación de servicio     | 30%    |
| Estación de servicio     | 35%    |
| Conversión de buses      | >100%  |
| Conversión de busetas    | > 100% |
| Conversión de colectivos | >100%  |
| Conversión de taxis      | >100%  |
| Buses dedicados a GNCV   | 25%    |

\* (Cálculos realizados en valores constantes)

## 6.2 CRITERIO DE EVALUACIÓN FINANCIERA PARA EL PROYECTO

Una estación de carga de gas natural comprimido es un sistema complejo que exige un extensivo mantenimiento y solamente puede trabajar de forma lucrativa cuando se encuentra en uso más de una determinada cantidad mínima de horas diarias (ver figura 7.1). Si sufre interrupciones por motivos técnicos, se produce una pérdida que al beneficio no producido acumula los costos fijos de la instalación. Los costos específicos de mantenimiento, referidos a las horas de servicio, influyen a si mismo en la rentabilidad en la estación de carga, estos costos disminuyen inversamente al número creciente de horas de servicio diarias.

Figura 6.1 Horas de Servicio diarias



Fuente: **La prioridad del gas natural, Sulzer Burckhart, Catálogo**

Los análisis de costos muestran que la máxima rentabilidad de las instalaciones se consiguen cuando se satisfacen las necesidades del comprador final tales como:

- Elevado tiempo de uso de las instalaciones, es decir tiempo de operación de los surtidores.
- Bajos costos de mantenimiento y explotación.
- Apoyo del fabricante o proveedor durante la duración completa o vida útil de las instalaciones.

Se hace necesario valorar la necesidad de un mantenimiento preventivo. Si bien los dueños de las estaciones de carga pueden tomar a su cargo determinados trabajos de mantenimiento, como inspecciones sencillas de rutina, es necesario sin embargo el adiestramiento de por lo menos un especialista sobre todo en el área de compresión y almacenamiento. Este mantenimiento preventivo se debe realizar de tal forma que la operación de la estación sea interrumpida por motivos técnicos lo menos posible, por las razones antes expuestas.

## 6.3 COSTOS UNITARIOS GAS NATURAL COMPRIMIDO

Para calcular los costos eficientes unitarios se toma el valor presente de la suma de inversiones y costos de operación y mantenimiento y se divide por el valor presente del gas natural para la vida útil correspondiente, utilizando tasa de descuento del 14% en términos reales. Los datos obtenidos están dados en dólares a Septiembre de 2003.

### 6.3.1 Características Del Análisis

**Tabla 6.4** Costo unitario del gas comprimido

| ESTRUCTURA TARIFARIA GNV - AGOSTO/03 |                    |        |
|--------------------------------------|--------------------|--------|
|                                      | US/AGOSTO2003\$/MB | \$/m3  |
| Boca de Pozo                         | 1,40               | 141,10 |
| Transporte a Bogotá                  | 1,47               | 148,85 |
| Precio Bogota                        | 2,87               | 289,95 |
| Dt Bogotá                            | 0,92               | 92,86  |
| Precio en estación                   | 3,79               | 382,81 |
| Margen de la Estación                | 2,55               | 257,08 |
| Precio al Público                    | 6,34               | 640,00 |

### 6.3.2 Proyección de Consumos

Inicialmente el GNCV (Gas Natural Comprimido Vehicular) está dirigido hacia los vehículos de servicio público, pero en la medida en que la economía lo requiera se verá implementado en los vehículos de uso particular.

Para efectuar el estudio económico se tomó la proyección de operación a 10 años basada en gestión de mercadeo de 30 TAXIS promedio mensual durante el primer año, y manteniendo operaciones a lo largo de los nueve años restantes hasta conseguir 840 taxis convertidos a GNC. Se tomó como base de consumo promedio de Veintidós (22) metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de gas por día por vehículo. Se presentan los cuadros a partir del primer mes de operación de la estación.

Figura 6.2 Características Vehículos



### 6.3 Estación Compresora

- Inversiones Equipos de GNCV**

Una unidad compresora con motor a gas (equipo ASPRO), presión de succión entre 220 y 370 psig, con tres etapas de compresión, presión de entrega de 3600 psig y capacidad de compresión de 1200 m3/hora, con el siguiente equipamiento:

- Filtro de entrada
- Tanque pulmón
- Sistema de seguridad con presóstatos, termóstatos, válvulas de cierre y alivio
- Separación y recuperación de condensados
- Sistema de refrigeración por aire
- Sistema de medición
- Tablero con instrumentos de medición de presión y temperatura
- Tablero de comando, control y potencia
- Almacenamiento completo para 1200 litros

**Tabla 6.5** Unidades Constructivas Compresora de Gas Natural

#### UNIDADES CONSTRUCTIVAS PARA GAS NATURAL COMPRIMIDO

##### Unidad de Compresión de Gas Natural Comprimido

| Item | ELEMENTOS                                                                     | CANTIDAD | Oservaciones                                         |
|------|-------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------|
| 1    | Compresor de 250 a 3600 psig y Capacidad 1000m3/hora                          | 1        | Unidad principal                                     |
| 2    | Motor de 132 kw                                                               | 1        | Incluye transmision (poleas, correas, volantes, etc) |
| 3    | Filtro de Entrada                                                             | 1        | Incluido dentro de item 1, Compresor.                |
| 4    | Tanque Pulmón                                                                 | 1        |                                                      |
| 5    | Sistema de Seguridad                                                          | 1        |                                                      |
| 6    | Separación y Recuperación de Condensados                                      | 1        |                                                      |
| 7    | Sistema de Refrigeración por Aire                                             | 1        | Aeroenfriador, Radiadores, etc.                      |
| 8    | Sistema de Medición                                                           | 1        | Incluido en Item 9 (Tablero c/Instr. de medicion)    |
| 9    | Tablero con Instrumentos de Medición                                          | 1        |                                                      |
| 10   | Tablero de Comando, Control y Potencia                                        | 1        | Basado en el precio del Tablero Arranque Suave       |
| 11   | Torres de Llenado                                                             | 2        | Basado en SURTIDOR AS-120-SI de 1 LINEA              |
| 12   | Armado e Items varios (Chasis, Instalacion Electrica, Identificaciones, etc.) | 1        | ITEM NUEVO                                           |
| 13   | Lote, Acometidas                                                              | Global   | Según características de EDS                         |
| 14   | Obra Civil                                                                    | Global   | Según características de EDS                         |
| 15   | Obra Mecánica                                                                 | Global   | Según características de EDS                         |
| 16   | <b>TOTAL</b>                                                                  |          |                                                      |

##### Unidad de Almacenamiento de Gas Natural Comprimido

| Item | ELEMENTOS                       | CANTIDAD | Oservaciones                 |
|------|---------------------------------|----------|------------------------------|
| 1    | Unidad de 300 m3 y 3600 psig    | 1        |                              |
| 2    | Válvula de Bloqueo de Seguridad | 1        |                              |
| 3    | Manómetro                       | 1        |                              |
| 4    | Válvula de Exceso de Flujo      | 1        |                              |
| 5    | Estructura Metálica             | 1        |                              |
| 6    | Obra Civil                      | Global   | Según características de EDS |
| 7    | Obra Mecánica                   | Global   | Según características de EDS |
| 8    | <b>TOTAL</b>                    |          |                              |

**Tabla 6.6** Costos Equipos Compresora de Gas Natural

**OFERTA COMERCIAL DEL SISTEMA DE GNV ASPRO  
TIPO ESTANDAR CON CASETA**

| Item                            | Cant. | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | VR. FOB<br>(USD) Bs.As, | VR. DDP<br>(USD)   |
|---------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------|
|                                 |       | <b>COMPONENTE IMPORTADO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                    |
| 1,1                             | 1     | <b>Modulo de compresión</b><br>Incluye:<br>Compresor Aspro IODM 115-3-19 con motor eléctrico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | USD 93.000              | USD 126.034        |
| 2,1                             | 1     | <b>Almacenamiento de 1200 lts de capacidad</b><br>Incluye válvula prioritaria                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | USD 13.250              | USD 17.073         |
| 2,2                             | 1     | <b>Estación de regulación y medición (sin medidor)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | USD 11.800              | USD 15.991         |
| 2,3                             | 1     | <b>Tablero de control del compresor</b><br>Incluye: PLC y arranque estrella-triángulo<br><br>Nota:<br>Los items 1 y 2 se instalan dentro de una construcción en mampostería                                                                                                                                                                                                                                                                               | USD 12.200              | USD 16.533         |
| 3,1                             | 2     | <b>Surtidor ASPRO 120 SI con dos mangueras de cargue simultaneo</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | USD 40.000              | USD 48.703         |
|                                 |       | <b>Valor Total Componente Importado</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>USD 170.250</b>      | <b>USD 224.334</b> |
|                                 |       | <b>COMPONENTE NACIONAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                    |
| 4,1                             | 1     | <b>Caseta para compresor en mampostería</b><br>Incluye:<br>Caseta con techo en lámina galvanizada, dos puertas de acceso, iluminación a prueba de explosión, interconexión eléctrica entre tablero y compresor, interconexión mecánica entre ERM, compresor y almacenamiento, extintores, ducto<br><br>El sitio para la ubicación de la caseta debe entregarse con suelo mejorado debidamente compactado, nivelado y listo para fundir placa de concreto. | USD 45.000              | USD 45.000         |
| 4,2                             | 1     | <b>Instalación y puesta en marcha</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | USD 8.035               | USD 8.035          |
|                                 |       | <b>Valor Total Componente Nacional</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>USD 53.035</b>       | <b>USD 53.035</b>  |
|                                 |       | <b>Valor Total Equipo Estandar con caseta</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>USD 223.285</b>      | <b>USD 277.369</b> |
| <b>VALOR DE LA OFERTA (DDP)</b> |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         | <b>USD 277.000</b> |

**Tabla 6.7** Inversión Total Compresora

| GASAUTO - ASPRO GNC                                      |          |                     |                  |                        |
|----------------------------------------------------------|----------|---------------------|------------------|------------------------|
| DESCRIPCION                                              | CANTIDAD | VALOR UNITARIO US\$ | VALOR TOTAL US\$ | VALOR PESOS            |
| <b>EQUIPOS</b>                                           |          |                     |                  |                        |
| COMPRESOR - MOTOR ELECTRICO                              | 10       | 126.034,0           | 224.334,0        | 641.146.572,0          |
| BATERIA DE ALMACENAMIENTO                                | 10       | 17.073,0            |                  |                        |
| SURTIDORES                                               | 2,0      | 48.703,0            |                  |                        |
| ESTACION DE REGULACION Y TABLERO DE CONTROL              |          | 32.524,0            |                  |                        |
| SUBTOTAL                                                 |          |                     |                  | <b>641.146.572,0</b>   |
| <b>CIVILES</b>                                           |          |                     |                  |                        |
| CASETA COMPRESOR                                         | 10       | 45.000,0            | 73.000,0         | 208.634.000,0          |
| CASETA SUBESTACION ELECTRICA                             | 10       | 3.000,0             |                  |                        |
| ISLAS DE SURTIDORES - CANOPY                             | 2,0      | 20.000,0            |                  |                        |
| BASE DE ANCLAJE                                          | 10       | 5.000,0             |                  |                        |
| INSTALACIONES ADMINISTRATIVAS                            | GL       |                     |                  | 50.000.000,0           |
| SUBTOTAL                                                 |          |                     |                  | <b>258.634.000,0</b>   |
| <b>ESTUDIOS, DISEÑOS Y LICENCIAS</b>                     |          |                     |                  |                        |
| DISEÑOS CIVILES (DISEÑO EDIFICIO, HIDRAULICO ETC)        | GL       |                     |                  | 20.000.000,0           |
| ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL - LICENCIA                  | GL       |                     |                  | 10.000.000,0           |
| PERMISO DE PLANEACION MUNICIPAL                          | GL       |                     |                  | 10.000.000,0           |
| EVALUACION AMBIENTAL                                     | GL       |                     |                  | 3.500.000,0            |
| INTERVENTORIA AMBIENTAL                                  | GL       |                     |                  | 2.000.000,0            |
| PERMISO CURADURIA URBANA - LICENCIA DE CONSTRUCCION      | GL       |                     |                  | 5.000.000,0            |
| LICENCIA DE FUNCIONAMIENTO MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA | GL       |                     |                  | 5.000.000,0            |
| CERTIFICACION ESTACION (BUREAU VERITAS - ICONTEC)        | GL       |                     |                  | 10.000.000,0           |
| SUBTOTAL                                                 |          |                     |                  | <b>65.500.000,0</b>    |
| <b>MONTAJE</b>                                           |          |                     |                  |                        |
| OBRAS INSTALACIONES ELECTRICAS                           | GL       |                     |                  | 107.393.396,0          |
| OBRAS MECANICAS                                          | GL       |                     |                  | 30.000.000,0           |
| INSTALACION - PUESTA EN MARCHA                           | GL       | 8.035,0             | 8.035,0          | 23.735.711,4           |
| SUBTOTAL                                                 |          |                     |                  | <b>161.129.107,4</b>   |
| <b>OTROS ACTIVOS</b>                                     |          |                     |                  |                        |
| TERRENO                                                  | GL       |                     |                  | 200.000.000,0          |
| SEÑALIZACION                                             | GL       |                     |                  | 2.000.000,0            |
| EQUIPOS DE SEGURIDAD                                     | GL       |                     |                  | 5.000.000,0            |
| MUEBLES Y EQUIPO DE OFICINA                              | GL       |                     |                  | 10.000.000,0           |
| SUBTOTAL                                                 |          |                     |                  | <b>217.000.000,0</b>   |
| <b>ORGANIZACION</b>                                      |          |                     |                  |                        |
| GASTOS DE ORGANIZACION Y PUESTA EN MARCHA                | GL       |                     |                  | 30.000.000,0           |
| CREACION DE NUEVA EMPRESA                                | GL       |                     |                  |                        |
| SUBTOTAL                                                 |          |                     |                  | <b>30.000.000,0</b>    |
| <b>GASODUCTO DE APROXIMACION</b>                         |          |                     |                  |                        |
| QUINIENTOS METROS DESDE GASODUCTO TRONCAL                | GL       |                     |                  | 118.035.041,7          |
| <b>TOTAL</b>                                             |          |                     |                  | <b>1.491.444.721,1</b> |

### **Operación y Mantenimiento**

Para operar la estación se requieren dos turnos de una persona, que tienen un costo anual de US\$ 7.500.

Para la parte de servicios se considera una eficiencia de 0,11 kwh por m<sup>3</sup> para una presión de succión de 250 psig, un trabajo diario promedio de 18 horas, disponibilidad del 90% durante todo el año y precio de energía eléctrica a 0,065 US\$/kwh.

El mantenimiento anual se tomó de los datos de SURPETROIL CONTROLS y se incrementó en 50% cada cinco años por reparaciones adicionales, y mantenimiento cilindros de almacenamiento.

Para el seguro de los equipos se considera una prima anual equivalente al 0,5% del valor de la inversión de los equipos.

### **Cálculo del costo unitario de compresión**

En la medida en que la presión de succión aumenta, la energía eléctrica requerida para comprimir un metro cúbico de gas disminuye. De acuerdo con datos de fabricantes, para comprimir gas desde 60 psig (línea de polietileno) se necesitan 0,20 kwh /m<sup>3</sup>, mientras que para comprimir desde 250 psig (línea de acero) se requieren 0,11 kwh /m<sup>3</sup>, y desde 600 psig 0,06 kwh /m<sup>3</sup>.

Tomando 10 años como vida útil de la estación compresora y tiempo diario de trabajo entre 6 y 20 horas, se han obtenido los siguientes costos eficientes unitarios y sensibilidades:

Tabla 6.8 Costo de Compresión de Acuerdo Número de Horas y Presión de Succión

| <b>HORAS</b> | <b>60</b> | <b>250</b> | <b>600</b> |
|--------------|-----------|------------|------------|
| 6            | 124       | 110,5      | 103        |
| 8            | 103       | 89,51      | 82,03      |
| 10           | 90,34     | 76,88      | 69,4       |
| 12           | 81,92     | 68,46      | 60,99      |
| 14           | 75,9      | 62,45      | 54,98      |
| 16           | 71,4      | 57,95      | 50,47      |
| 18           | 67,9      | 54,44      | 46,96      |
| 20           | 65,1      | 51,63      | 44,16      |

Como es de esperarse, este valor es muy sensible a la cantidad de horas diarias trabajadas. Es decir que un precio bajo de compresión se logra con alta utilización de la estación, en consecuencia una estación de llenado de gas natural vehicular mejora sustancialmente la rentabilidad.

Si en lugar de tomar el gas a 250 psig se toma a 60 psig, el costo se aumenta, mientras que si el gas succionado está a 600 psig el costo disminuye.

Figura 6.3 Variación de Costos de Compresión

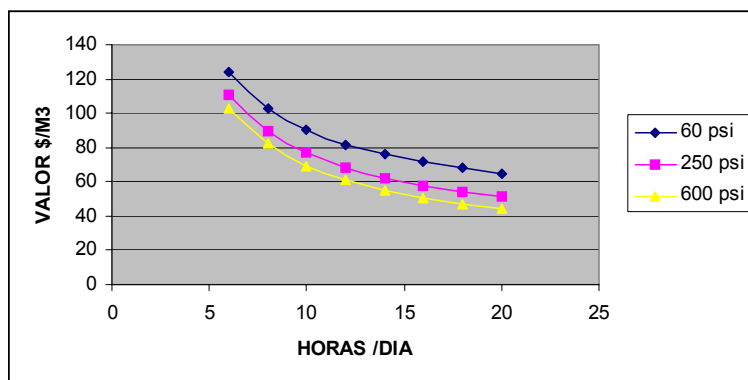


Tabla 6.9 Parámetros de Cálculo

| ITEM | DESCRIPCION                                        | UNIDAD  | CANTIDAD    | FUENTE         |
|------|----------------------------------------------------|---------|-------------|----------------|
| 1    | CONSUMO PROMEDIO USUARIO RESIDENCIAL               | M3/MES  | 25          | CREG           |
| 2    | CONSUMO PROMEDIO USUARIO VEHICULAR (TAXI - 12 Hrs) | M3/DIA  | 22          | BUREAU VERITAS |
| 3    | DIAS DE TANQUEO                                    | DIA/MES | 28          | BUREAU VERITAS |
| 4    | VALOR DÓLAR - TRM                                  | \$      | 2.858       |                |
| 5    | CREDITO EQUIPOS COMPRESION Y ALMACENAMIENTO        | \$      | 641.193.682 | SURPETROIL     |
| 6    | GASOLINA                                           |         | 3.969       | TERPEL         |
| 7    | ACPM                                               | \$      | 2.651       | TERPEL         |
| 8    | GAS NATURAL VEHICULAR                              | \$/M3   | 585         | GASORIENTE     |

**Tabla 6.10** Análisis Crédito Equipos de GNC

|                                         |             |
|-----------------------------------------|-------------|
| <b>VALOR DEL PRESTAMO</b>               | 641.146.572 |
| <b>INTERES ANUAL MES VENCIDO</b>        | 20,0%       |
| <b>NUMERO DE AÑOS DEL PRESTAMO</b>      | 7           |
| <b>NUMERO DE AÑOS DE GRACIA</b>         | 1           |
| <b>MES DEL DESEMBOLSO</b>               | 1           |
| <b>NUMERO DE AÑOS PAGO DEL PRESTAMO</b> | 6           |
| <b>CUOTA ANUAL PAGO DEL PRESTAMO</b>    | 192.796.458 |

| PERIODO (AÑO) | VALOR CUOTA | INTERESES   | CAPITAL     | SALDO       |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|               |             |             |             | 641.146.572 |
| 1             | -           | 128.229.314 | -           | 641.146.572 |
| 2             | 192.796.458 | 128.229.314 | 64.567.144  | 576.579.428 |
| 3             | 192.796.458 | 115.315.886 | 77.480.572  | 499.098.856 |
| 4             | 192.796.458 | 99.819.771  | 92.976.687  | 406.122.169 |
| 5             | 192.796.458 | 81.224.434  | 111.572.024 | 294.550.144 |
| 6             | 192.796.458 | 58.910.029  | 133.886.429 | 160.663.715 |
| 7             | 192.796.458 | 32.132.743  | 160.663.715 | 0           |
|               |             |             |             |             |
|               |             |             |             |             |

**Tabla 6.11a** Proyección de Demanda e Ingresos

| MES          | VEHICULAR       |             |                   |             |               |           |                   | CUOTA \$/MES | INTERES/MES        | SALDO OPERACIÓN \$ |
|--------------|-----------------|-------------|-------------------|-------------|---------------|-----------|-------------------|--------------|--------------------|--------------------|
|              | TAXIS NUEVO MES | ACUM. TAXIS | DIAS TANQUEO /MES | M3/dia TAXI | M3/MES        | MARGEN/M3 | PRODUC. \$/ MES   |              |                    |                    |
| ENERO        | 10              | 10          | 28                | 22          | 6160          | 100,6     | 619.495           | 0            |                    | 619.495            |
| FEBRERO      | 12              | 22          | 28                | 22          | 13552         | 100,6     | 1.362.888         | 0            |                    | 1.362.888          |
| MARZO        | 14              | 36          | 28                | 22          | 22176         | 100,6     | 2.230.180         | 0            |                    | 2.230.180          |
| ABRIL        | 16              | 52          | 28                | 22          | 32032         | 100,6     | 3.221.372         | 0            |                    | 3.221.372          |
| MAYO         | 18              | 70          | 28                | 22          | 43120         | 100,6     | 4.336.462         | 0            |                    | 4.336.462          |
| JUNIO        | 21              | 91          | 28                | 22          | 56056         | 100,6     | 5.637.400         | 0            |                    | 5.637.400          |
| JULIO        | 21              | 112         | 28                | 22          | 68992         | 100,6     | 6.938.339         | 0            |                    | 6.938.339          |
| AGOSTO       | 21              | 133         | 28                | 22          | 81928         | 100,6     | 8.239.277         | 0            |                    | 8.239.277          |
| SEPTIEMBRE   | 21              | 154         | 28                | 22          | 94864         | 100,6     | 9.540.216         | 0            |                    | 9.540.216          |
| OCTUBRE      | 21              | 175         | 28                | 22          | 107800        | 100,6     | 10.841.154        | 0            |                    | 10.841.154         |
| NOVIEMBRE    | 21              | 196         | 28                | 22          | 120736        | 100,6     | 12.142.093        | 0            |                    | 12.142.093         |
| DICIEMBRE    | 21              | 217         | 28                | 22          | 133672        | 100,6     | 13.443.031        | 0            |                    | 13.443.031         |
| <b>TOTAL</b> | <b>217</b>      |             | <b>280</b>        | <b>220</b>  | <b>781088</b> |           | <b>78.551.907</b> | <b>0</b>     | <b>128.229.314</b> | <b>78.551.907</b>  |

La estructura tarifaria del GNV arranca con un precio en boca de pozo, se le adiciona el costo del transporte a la ciudad, se le adiciona el costo de la distribución urbana y finalmente se le adiciona el margen para la estación de servicio. En la actualidad, el metro cúbico de gas esta autorizado para el usuario a \$640 por metro cúbico.

**Tabla 6.11b** Proyección de demanda e ingresos

| AÑO  | VEHICULAR       |               |                  |        |                     |         |             |                 |                                 |                            |
|------|-----------------|---------------|------------------|--------|---------------------|---------|-------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------|
|      | TAXIS<br>NUEVOS | AQUM<br>TAXIS | MESES<br>TANQUEO | M8TAXI | DIAS<br>TANQUEO/MES | M8AÑO   | MARGEN\$/M8 | PRODUCIDO\$/AÑO | CREDITO-INTERES-<br>CUOTA ANUAL | SALDO DE LA<br>OPERACIÓN\$ |
| 2004 |                 | 217           | 12               | 22     | 28                  | 781088  | 100,6       | 78.551.907      | 128.229.314                     | -49.677.408                |
| 2005 | 252             | 489           | 12               | 22     | 28                  | 3466848 | 100,6       | 348.651.522     | 192.796.458                     | 155.855.064                |
| 2006 | 180             | 649           | 12               | 22     | 28                  | 4797408 | 100,6       | 482.462.341     | 192.796.458                     | 289.665.883                |
| 2007 | 120             | 769           | 12               | 22     | 28                  | 5684448 | 100,6       | 571.669.553     | 192.796.458                     | 378.873.095                |
| 2008 | 60              | 829           | 12               | 22     | 28                  | 6127968 | 100,6       | 616.273.160     | 192.796.458                     | 423.476.702                |
| 2009 |                 | 829           | 12               | 22     | 28                  | 6127968 | 100,6       | 616.273.160     | 192.796.458                     | 423.476.702                |
| 2010 |                 | 829           | 12               | 22     | 28                  | 6127968 | 100,6       | 616.273.160     | 192.796.458                     | 423.476.702                |
| 2011 |                 | 829           | 12               | 22     | 28                  | 6127968 | 100,6       | 616.273.160     |                                 | 616.273.160                |
| 2012 |                 | 829           | 12               | 22     | 28                  | 6127968 | 100,6       | 616.273.160     |                                 | 616.273.160                |
| 2013 |                 | 829           | 12               | 22     | 28                  | 6127968 | 100,6       | 616.273.160     |                                 | 616.273.160                |
|      |                 |               |                  |        |                     |         |             |                 | 1.285.008.063                   | 3.883.966.218              |

**Tabla 6.12** Fórmula tarifaria y proyección de precio de venta del GNCV

$$Mst = Gt + Tt + Ct + (Dt + St + Kst)$$

Donde:

Gt= Precio compra de gas Ecopetrol (\$/m3)

Tt= Precio transporte de gas hasta la estación (\$/m3)

Ct= Costo de compresión (\$/m3)

Dt + St + Kst = Margen/m3 (\$/m3)

| FORMULA TARIFARIA VEHICULAR |    |       |
|-----------------------------|----|-------|
| Mst                         | Gt | 382,8 |
|                             | Tt |       |
|                             | Ct | 87,8  |
| TOTAL                       |    | 470,6 |
| PRECIO DE VENTA ACTUAL      |    | 640   |
| MARGEN/M3                   |    | 169,4 |
| ADMINISTRACION (5%) (-)     |    | 8,5   |
| BASE \$/M3 (impuestos)      |    | 160,9 |
| IMPUESTOS 37.5% (-)         |    | 60,3  |
| MARGEN NETO M3              |    | 100,6 |

| COMBUSTIBLE    | CONSUMO<br>POR<br>USUARIO | VALOR   | VALOR<br>TOTAL | % AHORRO |
|----------------|---------------------------|---------|----------------|----------|
| GASOLINA GALON | 6,875                     | 3.869,0 | 26.599,4       | 47,07    |
| GNC M3         | 22                        | 640,0   | 14.080,0       |          |

**Tabla 6.13** Análisis del Costo de Compresión para la Estación El Carmen

| DESCRIPCION                            | AÑO 1      | AÑO 2       | AÑO 3       | AÑO 4       | AÑO 5       | AÑO 6       | AÑO 7       | AÑO 8       | AÑO 9       | AÑO 10      | AÑO 11      | AÑO 12      |
|----------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| VENTA ANUAL                            | 781.088    | 3.466.848   | 4.797.408   | 5.684.448   | 6.127.968   | 6.127.968   | 6.127.968   | 6.127.968   | 6.127.968   | 6.127.968   | 6.127.968   | 6.127.968   |
| VENTA MENSUAL                          | 65.091     | 288.904     | 399.784     | 473.704     | 510.664     | 510.664     | 510.664     | 510.664     | 510.664     | 510.664     | 510.664     | 510.664     |
| HORAS AÑO                              | 781        | 3.467       | 4.797       | 5.684       | 6.128       | 6.128       | 6.128       | 6.128       | 6.128       | 6.128       | 6.128       | 6.128       |
| HORAS ACUMULADAS                       | 781        | 4.248       | 9.045       | 14.730      | 20.858      | 26.986      | 33.114      | 39.242      | 45.370      | 51.498      | 57.626      | 63.754      |
| CONSUMO DE ACEITE                      | 66.970     | 270.735     | 576.491     | 1.032.658   | 1.608.497   | 2.289.177   | 3.089.908   | 4.027.893   | 5.122.577   | 6.395.918   | 7.872.702   | 9.580.883   |
| CONSUMO ELECTRICO                      | 25.448.784 | 112.954.068 | 156.305.310 | 185.206.137 | 199.656.551 | 199.656.551 | 199.656.551 | 199.656.551 | 199.656.551 | 199.656.551 | 199.656.551 | 199.656.551 |
| SERVICIO DE MANTENIMIENTO              | 36.010.800 | 36.010.800  | 36.010.800  | 36.010.800  | 36.010.800  | 54.016.200  | 36.010.800  | 36.010.800  | 36.010.800  | 36.010.800  | 54.016.200  | 36.010.800  |
| MANO DE OBRA COMP.                     | 21.435.000 | 21.435.000  | 21.435.000  | 21.435.000  | 21.435.000  | 21.435.000  | 21.435.000  | 21.435.000  | 21.435.000  | 21.435.000  | 21.435.000  | 21.435.000  |
| PRIMA DE SEGURO (0,5%)INV. EQUIPOS     | 5.894.724  | 5.894.724   | 5.894.724   | 5.894.724   | 5.894.724   | 5.894.724   | 5.894.724   | 5.894.724   | 5.894.724   | 5.894.724   | 5.894.724   | 5.894.724   |
| CONSUMO GAS/M3                         | 0,033      | 0,033       | 0,033       | 0,036       | 0,040       | 0,044       | 0,048       | 0,053       | 0,058       | 0,064       | 0,071       | 0,078       |
| CONSUMO DE ACEITE l/hr                 | 0,030      | 0,022       | 0,022       | 0,025       | 0,027       | 0,030       | 0,033       | 0,036       | 0,040       | 0,043       | 0,048       | 0,053       |
| CONSUMO ELECTRICO Kwh/m3               | 0,150      | 0,150       | 0,150       | 0,150       | 0,150       | 0,150       | 0,150       | 0,150       | 0,150       | 0,150       | 0,150       | 0,150       |
| US\$/Kwh                               | 0,076      | 0,076       | 0,076       | 0,076       | 0,076       | 0,076       | 0,076       | 0,076       | 0,076       | 0,076       | 0,076       | 0,076       |
| INVERSION EQUIPOS Y COSTOS INSTALACION |            |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| TOTAL VNA                              |            |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| COSTO OPERATIVO/M3                     |            |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |

**Tabla 6.14** Análisis Financiero del proyecto Estación El Carmen

| Año          | Capital     | Amortización       | Intereses          | Cuota       | Saldo       |
|--------------|-------------|--------------------|--------------------|-------------|-------------|
| 1            |             |                    | 128.229.314        |             | 641.146.572 |
| 2            | 641.146.572 | 64.567.144         | 128.229.314        | 192.796.458 | 576.579.428 |
| 3            | 576.579.428 | 77.480.572         | 115.315.886        | 192.796.458 | 499.098.856 |
| 4            | 499.098.856 | 92.976.687         | 99.819.771         | 192.796.458 | 406.122.169 |
| 5            | 406.122.169 | 111.572.024        | 81.224.434         | 192.796.458 | 294.550.144 |
| 6            | 294.550.144 | 133.886.429        | 58.910.029         | 192.796.458 | 160.663.715 |
| 7            | 160.663.715 | 160.663.715        | 32.132.743         | 192.796.458 | 0           |
| <b>TOTAL</b> |             | <b>641.146.572</b> | <b>643.861.491</b> |             |             |

| Año | \$             |
|-----|----------------|
| 1   | -1.541.122.129 |
| 2   | 155.855.064    |
| 3   | 289.665.883    |
| 4   | 378.873.095    |
| 5   | 423.476.702    |
| 6   | 423.476.702    |
| 7   | 423.476.702    |
| 8   | 616.273.160    |
| 9   | 616.273.160    |
| 10  | 616.273.160    |

|               |                |
|---------------|----------------|
| <b>VPN</b>    | C\$341.796.212 |
| <b>TIR</b>    | 19%            |
| <b>Payout</b> | 5,16994321     |

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La evaluación ambiental del proyecto objeto de este estudio condujo a los siguientes resultados:

- Las actividades de construcción son las causantes de los principales impactos negativos asociados al deterioro de la calidad de aire y el ambiente local, condiciones peligrosas para tránsito vehicular y peatonal.
- Los impactos positivos en la etapa de construcción y operación están asociados a la generación de empleos temporales y fijos. En la etapa operativa, se relacionan con el mejoramiento de la calidad de vida, estímulo al desarrollo local, beneficios económicos para la población por la generación de empleos fijos en trabajos administrativos y técnicos y por el ahorro generado por el cambio de combustible, a la vez que se logra una disminución en la contaminación del aire por residuos generados por fuentes móviles.
- El gas natural posee una característica inherente a su naturaleza, como lo es su menor peso con respecto al aire, que no le permite crear derrames, dispersándose rápidamente, evitando así la generación de altos riesgos. Esto lo convierte en una alternativa combustible altamente segura en cuanto a su almacenamiento, manejo y distribución.
- El gas natural comprimido gracias a sus múltiples ventajas en economía, seguridad y calidad del aire, genera un impacto menos negativo sobre el medio ambiente, que los combustibles tradicionales, el cual lo convierte en la mejor alternativa para los programas de sustitución de combustibles.
- Otro de los factores que contribuye a minimizar el riesgo son los altamente sofisticados equipos de seguridad que incorporan los sistemas que hacen parte de la estación; equipos certificados, avalados por las más rigurosas normas internacionales, las cuales hacen parte de las requeridas por el Ministerio de Minas y Energía según la resolución N° 8 0582 de abril de 1996. Por lo anterior se puede asegurar que el manejo seguro de GNC prácticamente se convierte en una correcta aplicación de las medidas de prevención establecidas en este estudio.
- Se recomienda entregar a los usuarios del servicio GNC, cartillas con la información completa sobre el combustible, los equipos de conversión del automotor, los aspectos de funcionamiento y seguridad; de esta forma se puede ayudar a reducir el riesgo por malos manejos de los sistemas.
- Los equipos de compresión deben estar en un lugar resguardado y bien ventilado, con señales visibles de fácil lectura indicando no acceso a personal ajeno a la operación.
- Según la UPME para los próximos diez años se instalarán 500 estaciones, de las cuales existen hoy 71 estaciones.
- Según la UPME para los próximos diez años se convertirán 115.000 vehículos de los cuales se han convertido hasta hoy 37.500.
- Según la UPME para los próximos diez años el mercado del gas natural vehicular alcanzará el 6% del consumo automotriz.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

### **NORMAS TÉCNICAS PARA CONSULTA**

- ANSI/ AGA/ CGA NGV1 "Compressed Natural Gas Vehicle Fuelling Connection". Mangueras y boquillas de llenado de surtidores.
- ANSI/ ASME B31.1 o B31.3 Criterio para espesor de tubería.
- ASTM American Society for Testing and Materials.
- DECRETO 1677 de 1992 – NORMA NFPA 30. Ubicación y emplazamiento de Estaciones de Servicio Mixtas o de G.N.C.
- DECRETO 283-353 de 1991. Instalaciones Sanitarias en Estaciones de Servicio de Combustibles líquidos, mixtas o de GNC.
- ICONTEC 2050. Instalaciones Eléctricas.
- NEC. National Electrical Code. Instalaciones eléctricas según el Código Norteamericano de electricidad.

- END 0025 Sistemas de medición de gas natural comprimido para uso vehicular.
- NTC 1461. Colores y señales de seguridad.
- NTC 3229. Cajas de salida y accesorios que se utilizan en sitios clasificados como de alto riesgo.
- NTC 3847. Cilindros Para gas natural comprimido utilizado como combustible automotor.
- NTC 3949. Construcción de la Estación de regulación de presión para redes de transporte y distribución de gas combustible.
- NTC 4300. Componentes del sistema de combustible para vehículos que funcionan con G.N.C.
- NTC 4820 Estaciones de servicio para vehículos que utilizan gas natural comprimido como combustible.
- NTC 4823 Sistemas de llenado de G.N.C.V.
- NTC 4824 Conectores de llenado para vehículos que funcionan con G.N.C.V.
- NTC 4825 Mangueras para sistemas de llenado de G.N.C.V.
- NTC 4826 Calidad del gas natural comprimido para uso vehicular.
- NTC 4827 Requisitos de instalación, operación y mantenimiento de compresores para Estaciones de servicio de gas natural comprimido.
- NTC 4828 Métodos para inspección de cilindros y sus sistemas de montaje empleados en vehículos que operan con G.N.C.

#### **NORMAS MEXICANAS:**

- NOM-031-SCFI-1994 G.N.C. para uso automotor – Requisitos de seguridad para Estaciones de servicio e instalaciones vehiculares.
- NOM-010-SECRE-2002 G.N.C. para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad para Estaciones de servicio.
- NOM-011-SECRE-2000 G.N.C. para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad en instalaciones vehiculares.

#### **OTROS:**

- GAS VEHICULAR (Revista especializada del GNV)
- Memorias Ing. MARIO PALMA
- COMPRESOR ASPRO IODM 115-4 /4R (Manual del usuario)
- Apuntes del Ing. LUIS ENRIQUE PRADILLA
- SURTIDOR PARA GNC ASPRO modelo AS 120 SI
- TABLERO ELÉCTRICO DE COMANDO Y POTENCIA PARA COMPRESORES DE GNC (Manual del usuario)
- GAS NATURAL VEHICULAR UNA ALTERNATIVA PARA LA MOVILIDAD LIMPIA (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA-DIRECCION DE GAS UNIDAD DE PLANEACION MINERO ENERGÉTICA-UPME) Junio 2002

## 8. ANEXOS

**Tabla 8.1** Conversiones de vehículos en Colombia

| Ciudad        | Cantidad |
|---------------|----------|
| Barranquilla  | 8.658    |
| Cartagena     | 2.899    |
| Santa Marta   | 1.672    |
| Montería      | 1.200    |
| Sincelejo     | 629      |
| Cali /Yumbo   | 3.069    |
| Tulúa         | 111      |
| Armenia       | 340      |
| Cerrejón      | 233      |
| Bogota        | 10.729   |
| Bucaramanga   | 2.170    |
| Medellín      | 4.232    |
| Dos Quebradas | 183      |
| Villavicencio | 914      |
| Neiva         | 307      |
| Ibagué        | 141      |
| TOTAL         | 37.487   |

Fuente: Revista # 17 Gas Natural (Julio 2004)

**Tabla 8.2** Estaciones de Servicio en Colombia

|    | NOMBRE                         | CIUDAD            | DIRECCIÓN                                          |
|----|--------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------|
| 1  | Mobil Avenida Caracas          | Bogotá            | Calle 49 Avenida Caracas (Cra 14 # 48 – 74)        |
| 2  | Terpel Río Frío                | Bucaramanga       | Anillo vial 21-01                                  |
| 3  | Mobil Salitre                  | Bogotá            | Calle 33 B No. 66 D – 50                           |
| 4  | Buses Armenia                  | Armenia           | Carrera 18 No.50 – 05                              |
| 5  | Buses Amarillo Crema           | Cali              | Carrera 28D No. 54 – 50                            |
| 6  | Mobil Autoboyacá               | Bogotá            | Avda Boyacá 12B – 95                               |
| 7  | Colombiana de Hidrocarburos    | Sabaneta          | Sobre la carrera 49 52 sur-300                     |
| 8  | Terpel Exposiciones            | Medellín          | Carrera 54 No 35-35                                |
| 9  | Terpel La Estancia             | Bogotá            | Autopista sur 75 B-00                              |
| 10 | Diego López                    | Cali              | Calle 30 N No. 2BN - 140/160                       |
| 11 | Nueva Transportadora           | Bogotá            | Carrera 110a No. 131 – 40 Aures II                 |
| 12 | Cootranspensilvania            | Bogotá            | Calle 74 C sur No. 65-68                           |
| 13 | Tesca                          | Cartagena         | Avenida Pedro de Heredia calle 31 No. 48C -71      |
| 14 | Gasxi 76                       | Barranquilla      | Calle 76 con 46 esquina                            |
| 15 | Avenida                        | Montería          | Calle 41 No. 2 – 25                                |
| 16 | San Felipe                     | Cartagena         | Espinal Avenida Pedro de Heredia con Paseo Bolívar |
| 17 | La Rosita                      | Bucaramanga       | Av. La Rosita No. 20 – 02                          |
| 18 | Texaco Calle 80                | Bogotá            | Calle 77 A No. 90-65                               |
| 19 | Distribuciones Grupo Caribbean | Barranquilla      | Calle 6 No. 42-18                                  |
| 20 | Terpel Pire                    | Soacha            | Cra. 4 (Autop. Sur) No. 1 - 47                     |
| 21 | Servicentro MENGA              | Yumbo             | Calle 10 No. 38 – 110                              |
| 22 | Campo Alegre                   | Barranquilla      | AV. Circunvalar cras 38B y 39                      |
| 23 | GNC Intercor                   | Albania – Guajira | Complejo El Cerrejón                               |
| 24 | Vía 40                         | Barranquilla      | Vía 40 Calle 66 y 67                               |
| 25 | Ribera                         | Barranquilla      | Cra 8B Salida Puente Pumarejo                      |
| 26 | Villa Estadio                  | Barranquilla      | Calle 63 No. 14A - 10 Entrada Terminal             |
| 27 | Puerta de Oro                  | Barranquilla      | Calle 30 Cra 24                                    |
| 28 | Aeropuerto                     | Barranquilla      | Calle 30 frente al Aeropuerto                      |
| 29 | Sobusa                         | Barranquilla      | Prolongación Calle 45 Granabastos                  |
| 30 | Transurbar                     | Barranquilla      | Calle 63 entrada a Villa Estadio                   |
| 31 | Coochofal                      | Barranquilla      | Prolongación Calle 45 Granabastos                  |
| 32 | Coolitoral                     | Barranquilla      | Calle 17 No. 29 – 157                              |
| 33 | Avenida del Río                | Barranquilla      | Cra 43 No. 5 – 100                                 |
| 34 | Siete de Abril                 | Barranquilla      | Calle 51 con Circunvalar                           |
| 35 | Porvenir Paraíso               | Barranquilla      | Cra 47 No. 6 – 120                                 |
| 36 | Country Motors                 | Barranquilla      | Calle 77 No. 66 – 61                               |
| 37 | Distribuciones Grupo Caribbean | Barranquilla      | Calle 6 No. 42 – 18                                |

|    |                               |               |                                                         |
|----|-------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------|
| 38 | La Trinidad                   | Barranquilla  | Calle 110 No. 12F – 29 próxima a inaugurar              |
| 39 | Mobil Alto Prado              | Barranquilla  | Calle 76 No. 51 - 171 próxima a inaugurar               |
| 40 | Mobil El Recreo               | Barranquilla  | Cra 38 No. 54 - 25 próxima a inaugurar                  |
| 41 | Santa Lucia                   | Bogotá        | Cra 16 B No. 55 –63 Sur.                                |
| 42 | Mobil Kennedy                 | Bogotá        | Transversal 82 No. 41F – 24 Sur                         |
| 43 | Esso Av. 68                   | Bogotá        | Avenida Cra 68 No. 20 - 55                              |
| 44 | Terpel El Dorado              | Bogotá        | Calle 34B No. 123 A – 80 Fontibon                       |
| 45 | Terpel Avenida Ciudad de Cali | Bogotá        | Cra 93 N0. 12 A – 80                                    |
| 46 | Esso Buses Verdes             | Bogotá        | Cra 110 No. 77 – 23                                     |
| 47 | Esso Chile *                  | Bogotá        | Calle 140 No. 92 – 52                                   |
| 48 | Mobil La Texana               | Bogotá        | Autopista Norte No. 193 - 120                           |
| 49 | Terpel La Paz Zipaquirá       | Zipaquirá*    | Calle 8 No. 36 – 47 Barrio la Paz                       |
| 50 | El Carmen                     | Girón         |                                                         |
| 51 | Texaco Simón Bolívar          | Cali          | Calle 65 No. 65 – 35                                    |
| 52 | Terpel GNC El Triunfo         | Cali          | Cra 44 No. 14 – 05                                      |
| 53 | Tenera                        | Cartagena     | Carretera troncal salida a Turbaco.                     |
| 54 | El Bosque                     | Cartagena     | Diag. 21 45 – 36                                        |
| 55 | Doña Manuela                  | Cartagena     | Carretera Cordialidad                                   |
| 56 | La Variante                   | Cartagena     | Al lado de la variante Mamonal Gambote                  |
| 57 | Esso Mirolindo                | Ibagué        | Km. 2 Vía cruce a Rovira.                               |
| 58 | Estación Familia (Privada)    | Medellín      | Cra 50 No. 8 sur – 17                                   |
| 59 | Estación Coca Cola (Privada)  | Medellín      | Diagonal 64E No. 67 - 180                               |
| 60 | Estación Terpel la 65         | Medellín      | Cra 65 No. 78 – 190                                     |
| 61 | Terpel Villanueva             | Medellín      | Cra 56 No.55 – 29                                       |
| 62 | San Buenaventura              | Medellín      | Calle 45 Cra 46 Bello próxima a inaugurar               |
| 63 | Terpel Neivana de Gas         | Neiva         | Cra 5 A No. 3 – 153 sur                                 |
| 64 | Agua Azul                     | Risaralda     | Cra 16 No. 77 – 15 Dosquebradas                         |
| 65 | La Concepción                 | Santa Marta   | Carretera troncal diagonal a la Terminal de Transportes |
| 66 | Los Angeles                   | Sincelejo     | Carretera troncal salida Sampues.                       |
| 67 | La Vorágine                   | Villavicencio | Cra 33 No. 32 – 21 Barzal Bajo.                         |
| 68 | Madigas                       | Villavicencio | Km. 3 vía Villavicencio Acacias                         |
| 69 | Terpel Llanocol               | Villavicencio |                                                         |
| 70 | Mobil La Llanerita            | Villavicencio | Cra 21B No. 8C – 213 La Primavera                       |
| 71 | Gasxi Tairona                 | Santa Marta   | Avenida Río con Avenida Ferrocarril                     |

\*Estaciones en licenciamiento y construcción

Fuente: Revista # 17 Gas Vehicular Julio 2004

**Tabla 8.3** Talleres de Conversión en Colombia

|  | Ciudad | Cantidad |
|--|--------|----------|
|--|--------|----------|

|       |               |    |
|-------|---------------|----|
| 1     | Armenia       | 1  |
| 2     | Barranquilla  | 12 |
| 3     | Bogotá        | 27 |
| 4     | Bucaramanga   | 3  |
| 5     | Cali          | 8  |
| 6     | Cartagena     | 5  |
| 7     | Ibagué        | 1  |
| 8     | Itagüi        | 1  |
| 9     | Medellín      | 9  |
| 10    | Montería      | 4  |
| 11    | Neiva         | 1  |
| 12    | Pereira       | 2  |
| 13    | Risaralda     | 1  |
| 14    | Sabaneta      | 2  |
| 15    | Santa Marta   | 2  |
| 16    | Sincelejo     | 1  |
| 17    | Villavicencio | 3  |
| 18    | Yumbo         | 2  |
| 19    | Tulúa         | 1  |
| Total |               | 76 |

Fuente: Revista # 17 Gas Vehicular Julio 2004