

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

CARRERA DE  
INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL



**PRAXAIR COSTA RICA, S.A.**

DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOCONSUMO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GAS LP) PARA LA FLOTILLA DE VEHÍCULOS DE GASOLINA DE LA LOCALIDAD TRES RÍOS DE PRAXAIR COSTA RICA, BAJO LOS ESTÁNDARES DE LA NORMA NFPA 58 Y EL DECRETO EJECUTIVO 30131-S-MINAE DE COSTA RICA.

DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA HOJA DE TRABAJO DEL RCM (MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD) DOCUMENTADO MEDIANTE EL PROGRAMA DE BASE DE DATOS MICROSOFT ACCESS 2000

INFORME DE PROYECTO DE PRÁCTICA DE ESPECIALIDAD PARA OPTAR POR EL GRADO DE BACHILLER EN INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

JUAN PABLO ARIAS CARTÍN

CARTAGO, JUNIO 2006



**Profesor Guía**  
Ing. Carlos Solís Arias

**Asesor Industrial**  
Ing. Raymond Nelson

**Tribunal Evaluador**  
Ing. Guillermo Rodríguez  
Ing. Fernando Pinto  
Ing. Greivin Barahona

**Coordinador del Programa**  
Ing. Eligio Astorga



## Dedicatoria

A mi querida esposa Yendry y mis hijos Marco y Emiliano quienes me ceden su precioso tiempo para que continúe por esta senda

A mis padres por su ejemplo de lucha y perseverancia

A mis hermanos por su cariño, amor y tolerancia

A todas aquellas personas que han alcanzado sus metas académicas a pesar de los años, el esfuerzo y el duro trabajo



## Agradecimientos

Listar a las personas a quien tendría que agradecer no deja un espacio suficiente para llenar este informe, pues todas y cada una de estas personas ha dejado una huella en mi vida, sin embargo Dios los ha puesto en mi camino para que con su conocimientos y sabiduría progrese cada día en calidad humana y profesional por lo que le agradezco a Él la oportunidad que me ha brindado de conocerlos.



## ÍNDICE

Portada.....	1
Asesores y Tribunal Evaluador.....	2
Dedicatoria.....	3
Agradecimientos.....	4
Índice.....	5
Resumen.....	13
Abstrac.....	14
Introducción.....	15

### CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	17
1.1 Misión, Visión, Valores y Compromisos.....	17
1.1.1 Misión y Visión.....	17
1.1.2 Valores.....	17
1.1.3 Compromisos.....	18
1.2 Reseña Histórica.....	18
1.3 Ubicación Geográfica.....	19
1.4 Organización de la Empresa.....	19
1.5 Características de los Productos.....	19
1.5.1 Oxígeno.....	19
1.5.2 Nitrógeno.....	20
1.5.3 Argón.....	21
1.5.4 Oxido Nitroso.....	21
1.5.5 Acetileno.....	21
1.5.6 Bióxido de Carbono.....	22
1.5.7 Aire Comprimido.....	22
1.6 Descripción del Proceso Productivo General.....	23

### CAPÍTULO 2

2. ADMINISTRACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.....	25
2.1 Organización del Mantenimiento.....	25
2.1.1 Descripción Organizacional.....	25
2.2 Documentos usados en la Administración de Mantenimiento.....	26
2.2.1 Orden de Trabajo.....	26
2.2.1.1 Orden de Trabajo para Mantenimiento Preventivo.....	26
2.2.1.2 Orden de Trabajo para Mantenimiento Correctivo.....	27

2.2.1.3	Orden de Trabajo para Lubricación .....	27
2.2.2	Requisición a Bodega .....	27
2.3	Programación del Mantenimiento .....	27
2.3.1	Procedimiento para las Labores de Mantenimiento Preventivo .....	27
2.3.2	Procedimiento para las Labores de Mantenimiento Correctivo .....	28
2.3.3	Procedimiento para las Labores de Lubricación .....	29
2.4	Control de Costos de Mantenimiento .....	29
2.5	Bodegas de Repuestos .....	30
2.6	Sistema de Gestión del Mantenimiento en el Sistema de Calidad ....	31

### CAPÍTULO 3

3.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA HOJA RCM.....	32
3.1	Objetivos .....	32
3.2	Metodología Utilizada .....	33
3.3	Marco Teórico .....	33
3.3.1	Mantenimiento Preventivo Predictivo Proactivo .....	33
3.3.2	Programa de Mantenimiento .....	34
3.3.3	RMC y Hoja de Trabajo RCM .....	34
3.3.4	Base de Datos para Mantenimiento y Microsoft Access .....	36
3.4	Diseño de Documentos .....	36
3.4.1	Orden de Trabajo .....	37
3.4.2	Hoja Técnica de Equipos .....	37
3.4.3	Historial de Reparaciones .....	37
3.4.4	Requisición a Bodega .....	38
3.4.5	Hoja de Trabajo RCM .....	38
3.4.6	Hoja del Manual de Inspecciones del Mantenimiento Preventivo .....	38
3.4.7	Comparativo de Gastos .....	39
3.5	Selección de las Máquinas que formarán parte del PMP .....	39
3.6	Grado de deterioro de las Máquinas .....	40
3.7	Estudio técnico de las Máquinas .....	40
3.8	Formación del Archivo Técnico .....	41
3.9	Funciones, Parámetros de Funcionamiento y Contexto Operacional .....	42
3.10	División y Codificación de las Máquinas en Partes y Subpartes .....	45
3.11	Elaborar la Hoja de Trabajo RCM para cada equipo .....	46
3.12	Elaboración del Manual de Mantenimiento Preventivo .....	48
3.13	Determinar los repuestos requeridos para ejecutar cada inspección .....	50
3.14	Elaboración del Gantt Anual .....	52
3.15	Orientación de los Procedimientos de Inspección .....	53
3.16	Cálculo de Disponibilidad Semanal de las Máquinas .....	54

3.17	Calcular el Costo Total del PMP .....	57
3.17.1	Costo Total de la Mano de Obra .....	57
3.17.2	Costo Total de los Repuestos.....	58
3.17.3	Costo Total del PMP .....	58
3.17.4	Comparativo de Gastos .....	59
3.18	Inicio del Programa de Mantenimiento Preventivo .....	59
3.19	Índices de Medición y Gestión del Mantenimiento .....	60
3.19.1	Índices de Gestión de Equipos .....	60
3.19.2	Índices de Gestión de Costos.....	62
	Conclusiones y recomendaciones .....	63

## CAPÍTULO 4

4.	DISEÑO DE BASE DE DATOS AL UTILIZAR EL PROGRAMA MICROSOFT ACCESS 2003 PARA AUTOMATIZAR EL SISTEMA .....	65
4.1	Objetivos Específicos .....	65
4.2	Metodología Utilizada .....	65
4.3	Requerimientos Generales para la Base de Datos .....	66
4.3.1	Actualizaciones Generales .....	67
4.3.2	Control de Mantenimiento.....	68
4.3.3	Control de Repuestos y Requisiciones.....	69
4.3.4	Informes relacionados con el PMP .....	70
4.4	Interacción con Excel para la Obtención de Índices de Medición.....	72
	Conclusiones y recomendaciones .....	73

## CAPÍTULO 5

5.	DISEÑO DE UN SISTEMA DE GAS LP DE AUTOCONSUMO PARA LOS VEHÍCULOS DE LA EMPRESA.....	75
5.1	Introducción .....	75
5.2	Objetivos .....	76
5.2.1	Objetivo General .....	76
5.2.2	Objetivos Específicos .....	76
5.3	Marco Teórico .....	77
5.4	Metodología Utilizada .....	78
5.5	Revisión de Norma NFPA 58 y el Decreto 30131-S-MINAE sobre Sistemas de Autoconsumo de Gas LP .....	80
5.6	Determinación del Tamaño del Tanque de Almacenamiento .....	82
5.6.1	Cálculo del Volumen del Tanque.....	82

5.6.2	Diseño del Tanque de Almacenamiento.....	84
5.6.2.1	Presión de Diseño.....	85
5.6.3	Accesorios del Tanque de Almacenamiento .....	85
5.6.3.1	Capacidad de Flujo de las Válvulas de Alivio.....	86
5.6.4	Ubicación e Instalación del Tanque de Almacenamiento.....	87
5.7	Ubicación del Proyecto .....	88
5.8	Selección del Medidor de Flujo Apropiado .....	92
5.8.1	Instalación del Medidor de Flujo .....	93
5.8.2	Manguera del Sistema de Medición para Llenado .....	94
5.9	Selección de la Bomba de Trasiego .....	95
5.9.1	Aspectos de Diseño de la Bomba de Trasiego .....	97
5.9.2	Instalación de la Bomba de Trasiego .....	98
5.10	Tuberías .....	98
5.10.1	Diseño y Selección de Tuberías .....	98
5.10.2	Instalación de Tuberías .....	99
5.10.3	Accesorios de la Tubería .....	100
5.11	Diseño Básico de Obra Civil .....	100
5.12	Diseño del Sistema Eléctrico .....	101
5.12.1	Revisión de Normas Aplicables .....	101
5.12.2	Ubicación de los Elementos del Sistema Eléctrico .....	103
5.12.3	Procedimiento de Diseño.....	104
5.12.4	Circuito Ramal de la Bomba de Trasiego de Gas LP .....	105
5.12.4.1	Determinación de la Carga .....	105
5.12.4.2	Selección de los Conductores .....	106
5.12.4.3	Cálculo de la Caída de Voltaje .....	106
5.12.4.4	Selección de Canalización.....	106
5.12.4.5	Selección de la Protección de Corto Circuito .....	107
5.12.4.6	Selección del Conductor de Puesta a Tierra .....	107
5.12.4.7	Selección de Accesorios y Protecciones Especiales .....	107
5.12.5	Circuito Ramal de Lámpara de Iluminación.....	109
5.12.5.1	Determinación de la Carga .....	109
5.12.5.2	Selección de los Conductores .....	110
5.12.5.3	Cálculo de la Caída de Voltaje .....	110
5.12.5.4	Selección de Canalización.....	110
5.12.5.5	Selección de la Protección de Corto Circuito .....	111
5.12.5.6	Selección del Conductor de Puesta a Tierra .....	111
5.12.6	Circuito Ramal del Surtidor Electrónico (Opcional).....	111
5.12.6.1	Determinación de la Carga .....	111
5.12.6.2	Selección de los Conductores .....	112
5.12.6.3	Cálculo de la Caída de Voltaje .....	113
5.12.6.4	Selección de Canalización.....	113
5.12.6.5	Selección de la Protección de Corto Circuito .....	113
5.12.6.6	Selección del Conductor de Puesta a Tierra .....	114
5.12.7	Circuito del Alimentador.....	114
5.12.7.1	Determinación de la Carga .....	114



5.12.7.2 Selección de los Conductores .....	115
5.12.7.3 Cálculo de la Caída de Voltaje .....	116
5.12.7.4 Selección de Canalización.....	116
5.12.7.5 Selección de la Protección de Corto Circuito .....	116
5.12.7.6 Selección del Conductor de Puesta a Tierra .....	117
5.13 Sistema a Prueba de Explosión.....	117
5.13.1 Circuito Ramal de la Bomba de Trasiego.....	119
5.13.2 Circuito Ramal de la Lámpara Reflectora.....	119
5.13.3 Circuito Ramal del Surtidor Electrónico (Opcional) .....	119
5.14 Sistema contra Incendios .....	120
5.14.1 Requerimientos de Instalación del Extinguidor .....	121
5.15 Rotulación de Seguridad e Información .....	121
5.16 Procedimiento detallado de operación y recepción del Gas LP.....	123
5.17 Procedimiento detallado de operación y suministro de Gas LP.....	125
5.18 Elaboración de Planos Mecánicos y Planos Eléctricos.....	126
5.19 Costo Total de Instalación del Sistema de Autoconsumo de Gas LP. (Mano de Obra y Materiales).....	126
5.19.1 Costo de Instalación Mecánica.....	128
5.19.1.1 Costo de Equipos de Importación .....	128
5.19.1.2 Costo de Accesorios de Importación.....	129
5.19.1.3 Costo de Materiales y Accesorios .....	129
5.19.1.4 Costo de Mano de Obra de Instalación Mecánica .....	129
5.19.1.5 Costo Total del Proyecto Mecánico.....	129
5.19.2 Costo de Obra Eléctrica .....	129
5.19.2.1 Costo de Materiales Eléctricos .....	129
5.19.2.2 Costo de Mano de Obra Eléctrica .....	130
5.19.2.3 Costo de Materiales y Partes Eléctricas.....	130
5.19.2.4 Costo Total Global de Instalación del Proyecto Eléctrico .....	130
5.19.3 Costo de Obra Civil.....	130
5.19.4 Costos Misceláneos.....	131
5.19.5 Costo Total Global del Proyecto.....	131
5.20 Descripción General de Conversión de Vehículos.....	131
5.21 Costo de Conversión de Unidades Vehiculares.....	133
5.22 Factibilidad Económica del Proyecto.....	133
Conclusiones y recomendaciones .....	134
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>138</b>

**APÉNDICES** ..... I

**APÉNDICES CAPÍTULO 3**

Apéndice 3.A.1 Orden de Trabajo .....	I
Apéndice 3.A.2 Hoja Técnica de Equipos .....	II
Apéndice 3.A.3 Historial de Reparaciones .....	III
Apéndice 3.A.4 Requisición a Bodega .....	IV
Apéndice 3.A.5 Comparativo de Gastos .....	V
Apéndice 3.B Codificación de Equipos.....	VI
Apéndice 3.C Hojas de Trabajo RCM de Equipos .....	VII
Apéndice 3.D Manual de Inspecciones de Mantenimiento Preventivo .....	VIII

**APÉNDICES CAPÍTULO 5**

Apéndice 5.A Propiedades del Gas LP .....	IX
Apéndice 5.B Rendimientos de Vehículos en Gas Nacional Zeta, S.A. ....	X
Apéndice 5.C Extractos de Catálogo REGO .....	XI
Apéndice 5.D Tabla de Distancias en metros (Decreto 30131-S-MINAE)....	XII
Apéndice 5.E Ubicación del Sistema de Autoconsumo de Gas LP .....	XIII
Apéndice 5.F Hoja Técnica Medidor Neptune.....	XIV
Apéndice 5.G Extractos de Catálogo de Bombas Corken Coro-Flow.....	XV
Apéndice 5.H Características del Cable THHN.....	XVI
Apéndice 5.I Características de Protecciones para el Motor de la bomba .....	XVII
Apéndice 5.J Protección de Corto Circuito para Ramales Eléctricos .....	XVIII
Apéndice 5.K Extratos Catálogo Crouse-Hinds de Elementos "A Prueba de Explosión" .....	XIX
Apéndice 5.L Extracto Art. 58.3.3 Decreto 30131-S-MINAE.....	XX
Apéndice 5.M Láminas Mecánica y Eléctrica del Sistema de Autoconsumo .....	XXI
Apéndice 5.N Anteproyecto Praxair de Gas LP .....	XXII
Apéndice 5.O Manual del Usuario. ENERGAS. ....	XXIII
Apéndice 5.P Vehículos Utilitarios de Praxair (Cotización para Conversión) .....	XXIV



## CUADROS

Cuadro 3.1 Funciones, Parámetros de Funcionamiento y Contexto Operacional .....	43
Cuadro 3.2 Resumen de Información de Codificación para dos de los equipos involucrados en el PMP .....	45
Cuadro 3.3 Equipos a los que se Aplica la Hoja de Trabajo RCM.....	46
Cuadro 3.4 Hoja de Trabajo RCM No.1 para Filtros de Alúmina .....	47
Cuadro 3.5 Hoja de Inspección del Prepurificador Molecular Sieve .....	48
Cuadro 3.6 Listado General de Partes y Materiales para el PMP .....	51
Cuadro 3.7 Resumen Gantt Anual de Inspecciones .....	52
Cuadro 3.8 Cálculo de la Disponibilidad de Equipos .....	55
Cuadro 5.1 Datos para Cálculo del Volumen del Tanque .....	83
Cuadro 5.2 Comparativo de Características de Bombas .....	96
Cuadro 5.3 Características de Planchés para el Sistemas de Autoconsumo de Gas LP .....	101
Cuadro 5.4 Características de las Bases para el Tanque de Almacenamiento .....	101
Cuadro 5.5 Unidades de Extinción para Sistema de Extintores.....	121
Cuadro 5.6 Comparación Ecológica .....	132



## FIGURAS

Figura 1.1 Misión y Visión de Praxair Costa Rica, S.A. ....	17
Figura 1.2 Valores de Praxair Costa Rica, S.A. ....	17
Figura 1.3 Compromisos de Praxair Costa Rica, S.A. ....	18
Figura 1.4 Esquema Organizacional de Praxair Costa Rica .....	19
Figura 2.1 Organigrama General del Área de Mantenimiento .....	20
Figura 3.1 Aplicación del Programa RCM .....	35
Figura 3.2 Orientación del Programa de Mantenimiento Preventivo .....	53
Figura 3.3 Información de una inspección.....	57
Figura 4.1 Vista de Pantalla del Panel de Control Principal.....	67
Figura 4.2 Vista de Pantalla de Hoja Actualizaciones Generales .....	68
Figura 4.3 Vista de Pantalla de Hoja Control del Mantenimiento.....	69
Figura 4.4 Vista de Pantalla de Hoja Control de Repuestos y Requisiciones.....	70
Figura 4.5 Vista de Pantalla de la Hoja de Informes relacionados con el PMP.....	71
Figura 5.1 Vista Panorámica Surtidor de Diesel y Cobertizo .....	90
Figura 5.2 Vista frontal Surtidor de Diesel y Cobertizo .....	90
Figura 5.3 Ubicación del Tanque de Almacenamiento.....	92
Figura 5.4 Ubicación del Cuerpo de Medición.....	92



## RESUMEN

La empresa PRAXAIR COSTA RICA, basada en sus políticas de mejoramiento continuo ha designado mediante el programa que sustenta este proyecto de graduación, orientar las actividades de este informe en la consecución de dos proyectos, uno de carácter técnico orientado a mejorar las tareas de mantenimiento de algunos equipos críticos y el otro orientado al ahorro energético mediante el uso de una fuente de combustible alternativo para su flota vehicular de utilitarios.

Teniendo en mente la premisa anterior, el desarrollo del presente proyecto de graduación está orientado sobre dos bases de acción: Una, la elaboración de un programa de mantenimiento preventivo basado en un proceso sistemático para asegurar el funcionamiento de los activos involucrados llamado RCM II (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad Dos por sus siglas en inglés), el cual está orientado a la industria en general y ha sido designado con el “dos” para distinguirlo del usado por la industria aeronáutica. Este sistema será apoyado por un sistema informático simple de retroalimentación y control al usar una base de datos sencilla de la empresa Microsoft Corporation; conocida como Access en su versión 2003 en Español.

La otra base de acción es el desarrollo de un proyecto de ingeniería que conduzca a un ahorro significativo en los consumos de combustible de los vehículos utilitarios de la empresa, para diseñar hasta los planos finales un Sistema de Autoconsumo de Gas LP con su estimación de costos y rentabilidad, que pueda ser instalado en el sitio cumpliendo de antemano con la normativa nacional. Como un plus a su diseño, se han incorporado las recomendaciones y elementos de diseño estipulados por el Panfleto 58 de la National Fire Protection Association como complemento del vacío de información que existe al respecto en lo relacionado al uso y construcción de sistemas de Gas LP en el marco legal nacional.

Palabras Clave: Mantenimiento Preventivo, RCM, Gas LP, Sistema de Autoconsumo.



## ABSTRAC

The PRAXAIR COSTA RICA Company, through its continuous improvement policies and the program that sponsors this graduation project, has decided to focus the activities within this report on the execution of two specific projects. The first one, with a more technical emphasis, is directed to improve maintenance tasks for various critical equipment; the second one has the goal of reducing energy consumption through the use of an alternate fuel source for its maintenance vehicle fleet.

With this in consideration, this graduation project has two specific efforts. The first effort entails the elaboration of a preventive maintenance program based on a systematic process to ensure the functioning of RCM II (Reliability Centered Maintenance) assets. The RCM concept is directed toward general industry and has been given that II designation to differentiate it from the one use within the aeronautic industry. This simple feedback and control IT system will leverage a straightforward Microsoft Access 2003 database.

The second effort is an engineering project that drives towards significant savings in the company's maintenance vehicle fleet fuel consumption. This effort includes the detailed and comprehensive design, including project costs and ROI (return on investment), of an LP Gas Auto-consumption system that can be installed on-site exceeding existing national norms. In addition, recommendations and design elements included in National Fire Protection Association Pamphlet 58 have been incorporated as a complement to the lack of information in the national legal framework related to the use and construction of LP gas systems.

Keywords: Preventive maintenance, RCM, LP Gas, Auto-consumption systems



## INTRODUCCIÓN

El presente informe constituye la aportación final al conocimiento generado durante los años de estudio del programa de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial en el Plan 1305.

El programa ha sido enfocado en dos grandes disciplinas en las que se ha dividido la temática de desarrollo del informe las cuales son: Uno el campo administrativo del mantenimiento en el cual se caracterizan los elementos cognoscitivos sobre las ramas involucradas en su área aplicado a equipos que por su utilidad y operación son fundamentales en el proceso productivo de la empresa PRAXAIR COSTA RICA, S.A., en la cual se realiza el presente proyecto.

El otro campo enfocado al desarrollo ingenieril en donde se han involucrado las ramas tanto eléctrica como mecánica para conceder a la empresa la oportunidad de valorar y poner en práctica el uso de una aplicación de combustible alternativo como lo es el Gas Licuado de Petróleo en sus operaciones vehiculares utilitarias con la finalidad de ahorrar costos y no contaminar el ambiente.

El proyecto en general se ha constituido a través de la investigación e incorporación de diversas fuentes de información, tales como páginas de Internet, tesis de grado, catálogos y normas técnicas, así como leyes y proveedores de productos relacionados. Una de las principales fuentes de información con referencia al Sistema de Autoconsumo de Gas LP ha sido la empresa Gas Nacional Zeta, S.A.; quien ha desarrollado proyectos que involucran Gas LP, específicamente para fines vehiculares con sus clientes y público en general y al mismo tiempo participa de su propio programa de conversiones de vehículos en forma dual o híbrida.

El fin último del presente proyecto es proporcionar al lector y al medio industrial una fuente de conocimiento incipiente para incursionar en el campo del



ahorro energético y económico en una época, en la cual, los costos de los combustibles se están convirtiendo en una severa carga para los costos operativos de distribución del sector empresarial y del sector de transportes.

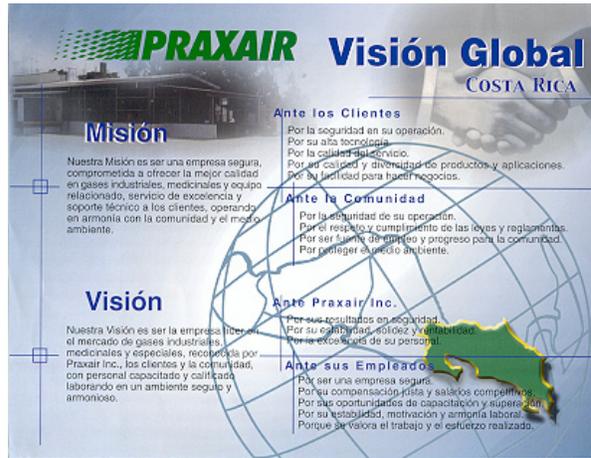
# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES DE LA EMPRESA

### 1.1 Misión, Visión, Valores y Compromisos.

#### 1.1.1 Misión y Visión

Figura 1.1 Misión y Visión de Praxair Costa Rica, S.A.



Fuente: Sistema de Gestión de Calidad, Praxair Costa Rica Imagen JPEG, 2000

#### 1.1.2 Valores

Figura 1.2 Valores de Praxair Costa Rica, S.A.



Fuente: Sistema de Gestión de Calidad, Praxair Costa Rica Imagen JPEG, 2000

### 1.1.3 Compromisos

Figura 1.3 Compromisos de Praxair Costa Rica, S.A.



Fuente: Sistema de Gestión de Calidad, Praxair Costa Rica Imagen JPEG, 2000

## 1.2 Reseña Histórica

Praxair Costa Rica inició sus operaciones en el año de 1930 y bajo el nombre de Miller Hermanos en honor de sus fundadores.

En el año de 1995 la empresa fue adquirida por LIQUID CARBONIC y posteriormente fue adquirida por PRAXAIR, INC. Por esta razón se cambió el nombre en 1997 a PRAXAIR COSTA RICA S.A. con el fin de homologar a nivel internacional su imagen con la de la corporación PRAXAIR, INC.; empresa de origen norteamericano y con sede en Tonawanda, New York, EE.UU. El nombre actual proviene de la palabra griega praxis –prácticas-, y la palabra en inglés air –aire-; por lo que se puede entender como Aplicaciones Prácticas del Aire.

Actualmente, PRAXAIR COSTA RICA S.A. es la empresa líder del mercado nacional de los gases y cuenta con plantas productoras en Tres Ríos, Agua Caliente de Cartago y Sarapiquí, para satisfacer la demanda de estos productos. Sus

oficinas centrales se encuentran en el centro de San José, ubicada cerca de la Estación del Ferrocarril al Pacífico.

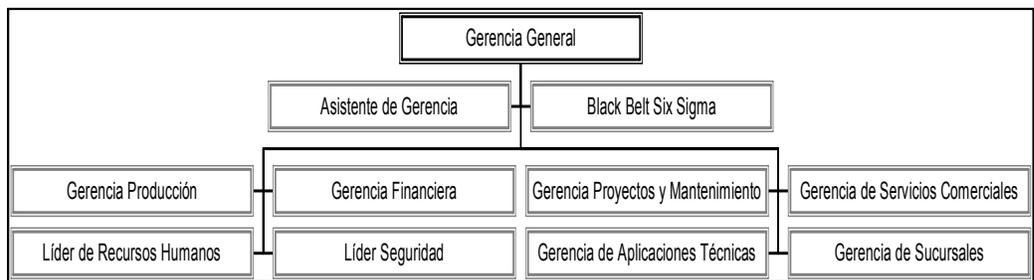
### 1.3 Ubicación geográfica

La planta de separación de aire, donde se realizará el proyecto, conocida como Localidad de Tres Ríos, se encuentra en Distrito Central, Cantón La Unión, Provincia de Cartago. Sus coordenadas son las siguientes: 83° 59' Longitud Este y 9° 55' Latitud Norte. Hoja Cartográfica Istarú.

### 1.4 Organización de la empresa

Por razones de confidencialidad sólo se presenta un esquema básico general de la distribución organizacional de la empresa.

Figura 1.4 Esquema Organizacional de PRAXAIR COSTA RICA



Fuente: Manual del Sistema de Gestión de la Calidad

MS Org Chart, 95

### 1.5 Características de los Productos

#### 1.5.1 Oxígeno (O<sub>2</sub>)

El oxígeno es incoloro, insípido, es un gas fundamental para la supervivencia del ser humano y de los seres vivos en general, constituye una quinta parte de la atmósfera terrestre (20,99% por volumen y 23,2% por peso). A temperatura bajo los -184°C el oxígeno se convierte al estado líquido, el cual presenta un color azul pálido transparente y es ligeramente más pesado que el agua. Todos los elementos

excepto los gases inertes, combinados directamente con el oxígeno forman óxidos. El oxígeno en estado gaseoso es un gas que funciona como oxidante ante otras sustancias al promover e incrementar la inflamabilidad de dicha sustancia.

Entre los usos de mayor aceptación se encuentra en aplicaciones medicinales con propósitos terapéuticos para la resucitación en caso de asfixia y unido con otros gases para efectos anestésicos. En la industria se aplica en mezcla con otros gases para mejorar la combustión y la calidad de los acabados en operaciones de soldadura, corte y en el tratamiento térmico de metales para incrementar su dureza.

### **1.5.2 Nitrógeno (N<sub>2</sub>)**

El nitrógeno es el gas que está presente en la atmósfera en mayores proporciones (78,03% por volumen, 75,5% por peso). No tiene color, olor ni sabor. No es tóxico y es totalmente inerte frente a otras sustancias. A altas temperaturas se puede combinar con el hidrógeno, el oxígeno y otros elementos. El nitrógeno es conductor de calor y electricidad y por sus características es denominado un asfixiante simple ya que es capaz de desplazar el aire en espacios confinados pudiendo causar la ausencia del aire en la atmósfera de dicho espacio.

El nitrógeno por sus características tiene una gran variedad de aplicaciones técnicas y comerciales. En su estado gaseoso se usa en tratamientos térmicos a metales primarios, es usado también en el procesamiento y empaque de alimentos y en la propulsión de líquidos a través de oleoductos. Se emplea también a gran escala en la producción de componentes electrónicos semiconductores. El nitrógeno en su estado líquido es usado en la conservación de alimentos, en el enfriamiento del concreto y en la inseminación artificial para ganado vacuno, equino o porcino. Otra aplicación común es su uso en equipos electrónicos para pulverizar plásticos.

### **1.5.3 Argón (Ar)**

El argón pertenece a la familia de los gases inertes. Su aparición es abundante con respecto a otros gases raros presentes en la atmósfera terrestre. En proporciones 28317 m<sup>3</sup> de aire seco (sin humedad) contienen 263 m<sup>3</sup> de argón. El argón es incoloro, insípido, no es tóxico, es extremadamente inerte y es ligeramente soluble en el agua.

### **1.5.4 Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)**

El óxido nitroso a temperatura ambiente y presión atmosférica es incoloro con un sabor y olor dulce escasamente perceptible. A elevadas temperaturas el óxido nitroso se descompone en nitrógeno y oxígeno. El óxido nitroso es moderadamente soluble en agua, alcohol y aceites.

El óxido nitroso se utiliza en el campo medicinal como un anestésico y un analgésico. Este gas también se emplea como un oxidante para absorción atómica, espectrometría y propulsión de presiones o en productos aerosoles y se usa también como un combustible oxidante para aumentar la fuerza en vehículos automotores. Se utiliza también en la producción de componentes electrónicos semiconductores.

### **1.5.5 Acetileno (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)**

El acetileno es una composición del carbono e hidrógeno en una proporción de peso alrededor de 12 partes de carbón y una parte de hidrógeno (92,3% a 7,7%). Es un gas incoloro, inflamable y es levemente más ligero que el aire. El acetileno de alta pureza no tiene olor, pero el que se produce comercialmente contiene calcio, lo cual produce que tenga un olor dulce parecido al ajo fresco. La temperatura de ignición del acetileno, acetileno-aire, acetileno-oxígeno, varía de acuerdo con la composición de la mezcla, la temperatura inicial, presión inicial y al vapor de agua que contiene.

El acetileno es usado en gran cantidad de aplicaciones técnicas en las que intervenga la síntesis química orgánica. En la actualidad ha tenido un incremento en el uso para la elaboración de compuestos como: Ácido Acético, acetona y cloruro vinilo. Estos productos pueden ser usados para producir productos plásticos, gaucho sintético, solventes y para la industria farmacéutica. Su mayor aplicación es para soldadura en la industria metalmeccánica.

#### **1.5.6 Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**

El bióxido de carbono es un gas en su forma más común, pero bajo ciertas condiciones de almacenamiento (temperatura y presión) puede coexistir como gas y líquido o sólido. El bióxido de carbono es incoloro y 1 ½ veces más pesado que el aire. Es fácilmente soluble en agua.

El bióxido de carbono en estado sólido es usado comúnmente en la industria como un refrigerante de productos alimenticios. También es utilizado como un agente enfriador en muchos procesos industriales. En estado gaseoso es usado ampliamente en el carbonatado de bebidas gaseosas y como un agente extintor en el control de incendios de pequeña y mediana escala.

#### **1.5.7 Aire Comprimido**

El aire es la sustancia más común presente en la atmósfera de la tierra. No tiene olor, color ni sabor y consiste en una mezcla de elementos gaseosos que incluyen vapor de agua y bióxido de carbono.

Los gases más comunes presentes en el aire son el nitrógeno y el oxígeno tal y como se mencionó en los apartados anteriores. Cuando es secado y se le extrae la humedad no es corrosivo. Cuando se licua a bajas temperaturas es transparente y cuando presente un color blancuzco evidencia la presencia de bióxido de carbono.

El aire es ampliamente utilizado en el campo medicinal, en buceo, en la industria aeroespacial y en el campo de la energía atómica. Además se usa como propulsor en maquinaria industrial y en equipos neumáticos, especialmente portátiles.

### **1.6 Descripción del proceso productivo general**

PRAXAIR COSTA RICA S.A. está dedicada a la fabricación y comercialización de aire, oxígeno, nitrógeno, argón, acetileno, óxido nítrico y dióxido de carbono. Estos gases son empleados en diferentes aplicaciones que involucran a los sectores de la salud, alimentos, metal - metálica, electrónica, investigación, industria química y otros

El oxígeno, el nitrógeno, el óxido nítrico y el dióxido de carbono, se distribuyen en forma líquida y gaseosa tanto en grandes volúmenes (Bulk) como envasado; el aire, el argón y el acetileno se comercializan únicamente como producto envasado.

La producción líquida se almacena en tanques criogénicos, de donde se llenan camiones cisterna o "pipas" con el producto específico con el que se abastece a cada cliente. En algunos casos el cliente de producto bulk cuenta con plantas remotas que son instaladas en su localidad y monitoreadas por personal de PRAXAIR COSTA RICA, S.A.

En cuanto al producto en pequeños volúmenes este es envasado en la planta de San Rafael de Tres Ríos o en la de Agua Caliente (acetileno) y se comercializa en cilindros (gas) y en PG's (Termos) (líquido) que son llevados al cliente a través de una red de agencias y distribuidores ubicados en diferentes puntos del país.

---

<sup>1</sup>Obtenida directamente del Manual de Aseguramiento de la Calidad de PRAXAIR COSTA RICA, S.A.



Adicionalmente se preparan y distribuyen mezclas de gases especializadas para aplicaciones en el sector salud, alimentos y metal-mecánica. Estos productos son elaborados a solicitud del cliente y distribuidos de la misma manera que el producto puro. También y gracias al apoyo de otras localidades de Praxair Inc. se comercializan gases especiales de alta pureza, mezclas especiales para calibración y otros productos que no se fabrican en el país.

Todos los productos se producen con los estándares de Praxair Inc., y las especificaciones de los Clientes. PRAXAIR COSTA RICA S.A. ofrece a sus clientes asistencia técnica para la mejor utilización de los productos, cuenta para ello con personal altamente capacitado para atender sus solicitudes y encontrar soluciones adecuadas a sus necesidades.

## CAPÍTULO 2

### ADMINISTRACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

#### 2.1 Organización del Mantenimiento

En la empresa se cuenta con un Departamento de Mantenimiento centralizado, el cual se ubica en la localidad de Tres Ríos y desde el cual se atienden las labores de mantenimiento hacia las otras localidades de PRAXAIR.

En lo referente a la localidad de Tres Ríos las labores que se realizan presentan dos esquemas de ejecución que son: Labores de mantenimiento preventivo y labores de mantenimiento correctivo.

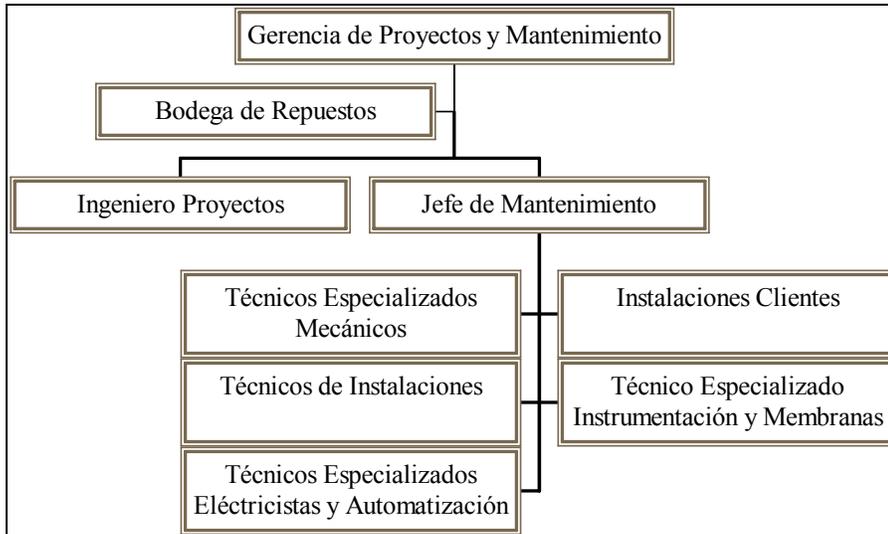
Las labores de mantenimiento preventivo están basadas en una base de datos que ha sido establecida por la corporación de PRAXAIR y en la cual se pretende dar seguimiento al cumplimiento de dicho programa. Esta base de datos no es muy flexible y su uso es puramente informativo, por lo que actualmente no se llevan a cabo controles ni índices que midan la eficacia del sistema en sí.

Las labores de mantenimiento correctivo son muy comunes en la Planta de Separación de Aire y ello se debe principalmente a que los equipos cuentan con un periodo de servicio de más de 30 años por lo que su confiabilidad operacional ha ido disminuyendo con el tiempo, aunque aún se encuentran dentro de los estándares de funcionamiento normalmente esperados.

##### 2.1.1 Descripción Organizacional

En la Figura 2.1 se presenta el esquema organizacional, en el cual, el Departamento de Mantenimiento se encuentra organizado actualmente:

Figura 2.1 Organigrama General del Área de Mantenimiento



Fuente: Sistema de Gestión de la Calidad, PRAXAIR COSTA RICA

MS Org Chart, 95

## 2.2 Documentos usados en la Administración de Mantenimiento

En la administración del mantenimiento de la empresa PRAXAIR COSTA RICA se utilizan dos documentos: Las Órdenes de Trabajo y el documento de Requisición a Bodega.

### 2.2.1 Órdenes de Trabajo

Se cuenta con tres tipos de órdenes de trabajo: Órdenes de Trabajo de Mantenimiento Preventivo, Órdenes de Trabajo para Mantenimiento Correctivo y Órdenes de Trabajo para Labores de Lubricación. A continuación se detallan brevemente.

#### 2.2.1.1 Órdenes de Trabajo para Mantenimiento Preventivo

Estas son emitidas por el encargado de programación del mantenimiento preventivo y se ejecutan con base en la programación anual de las labores de mantenimiento preventivo que se encuentran a la orden en la semana.

### **2.2.1.2 Órdenes de Trabajo para Mantenimiento Correctivo**

Estas son emitidas por los Jefes de Turno quienes son los encargados de la operación de la planta de separación de aire. Las mismas son entregadas al Jefe de Mantenimiento quien da las instrucciones para su ejecución.

### **2.2.1.3 Ordenes de Trabajo para Labores de Lubricación**

Estas órdenes de trabajo son emitidas por el programador de las labores de lubricación y son entregadas al encargado de las labores de lubricación y se realizan con base en una consulta con la programación anual para la semana correspondiente.

### **2.2.2 Requisición a Bodega**

Este documento se genera a partir de las necesidades encontradas en las Órdenes de Trabajo y en el cual se detallan los materiales y repuestos requeridos para poder cumplir y finalizar adecuadamente las tareas de mantenimiento. Es también un documento validado por la Gerencia Financiera como prueba de la salida de los repuestos y materiales utilizados por el Departamento. Al mismo tiempo se convierte en el programa de control de costos, el cual se detallará posteriormente.

## **2.3 Programación del Mantenimiento**

La programación del mantenimiento como se menciona en la sección 2.1 de este informe está dirigido actualmente a tres áreas: Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Correctivo y Labores de Lubricación. A continuación se detallan los respectivos procedimientos de ejecución para cada una de las labores programadas.

### **2.3.1 Procedimiento para las Labores de Mantenimiento Preventivo**

El procedimiento para la programación de mantenimiento en labores preventivas se lleva a cabo de la siguiente forma: El Jefe de Mantenimiento consulta la programación anual de las labores y busca la semana correspondiente con el fin de determinar las tareas que corresponden a la misma. Genera las



órdenes de trabajo correspondientes y se las entrega a los técnicos designados para llevar acabo dichas tareas. El técnico generará una primera requisición para obtener los materiales y repuestos que previamente han sido considerados para las labores por ejecutar, la cual será firmada por el Jefe de Mantenimiento. La requisición será entregada al encargado de bodega, quien revisará y hará entrega de los materiales y repuestos. Luego el técnico procederá a ejecutar las inspecciones sobre el o los equipos designados, al utilizar las herramientas e instrumentos necesarios.

Si durante la ejecución se detectan fallas que por su magnitud se pueden reparar de inmediato, el técnico hará una segunda requisición a bodega la cual será autorizada por el Jefe de Mantenimiento. El encargado de bodega revisa el documento de requisición y procede con la entrega de los repuestos y materiales al técnico. El técnico hará los cambios necesarios y una vez realizadas las actividades cerrará la Orden de Trabajo, la cual será entregada al Jefe de Mantenimiento. Por último el Jefe de Mantenimiento o la persona designada hará una entrada en la base de datos del programa de control del mantenimiento.

### **2.3.2 Procedimiento para las Labores de Mantenimiento Correctivo**

Cuando se presente una falla en un equipo, el Jefe de Turno, quien es el encargado de operar la planta de separación de aire, procede a elaborar una Orden de Trabajo. La misma se entrega al Jefe de Mantenimiento quien designa un técnico dependiendo de la especialidad y del equipo en el que se presenta la falla. El Técnico procede con la revisión de la falla, para determinar qué materiales, tiempo y repuestos requiere para reparar el equipo.

Seguidamente el Técnico se reúne con el Jefe de Mantenimiento con el fin de determinar un curso de acción con la finalidad de proceder con la reparación o programarla según sea el caso, tomando en consideración la magnitud del problema, la disponibilidad de repuestos y las necesidades de producción.

Cuando se procede con la reparación el Técnico ejecuta una requisición para bodega de los materiales y repuestos necesarios, la cual es firmada por el Jefe de Mantenimiento y recibida por el encargado de bodega.

Una concluida la actividad correctiva de mantenimiento el Técnico cierra la Orden de Trabajo, entregándola al encargado de alimentar la base de datos de referencia del sistema de gestión.

### **2.3.3 Procedimiento para las Labores de Lubricación**

El procedimiento para la programación de las labores de lubricación se lleva a cabo de la siguiente forma: El Jefe de Mantenimiento consulta la programación anual de las labores de lubricación y busca la semana correspondiente con el fin de determinar los equipos a los que les corresponde la labor. Genera las órdenes de trabajo correspondientes y se las entrega al o los técnicos designados para llevar a cabo dichas tareas. El Técnico generará una requisición para obtener los materiales necesarios (aceite, estopa, etc.) que previamente han sido considerados para las labores por ejecutar, la cual será firmada por el Jefe de Mantenimiento. La requisición será entregada al encargado de bodega, quien revisará y hará entrega de los materiales solicitados. Luego el técnico procederá a ejecutar las labores de lubricación sobre el o los equipos designados, utilizando las herramientas e instrumentos necesarios. Finalmente el Técnico cierra las órdenes de trabajo y las entrega al encargado de alimentar la base de datos para su registro.

## **2.4 Control de Costos de Mantenimiento**

El control de costos del mantenimiento se realiza de una forma bastante sencilla ya que el encargado de la bodega registra las requisiciones a bodega en un sistema de cómputo utilizado por la Gerencia Financiera. El Sistema de Cómputo consiste en un programa basado en un ambiente MS-DOS, el cual cuenta con sus formularios y secciones para realizar los movimientos y asientos necesarios.

Sin embargo el sistema en lo referente a la especificidad de la información es muy inflexible y sólo muestra costos globales, los cuales no son muy útiles para distinguir entre las diversas actividades que se realizan en los equipos. Aparte de ello el sistema no es muy amigable para trabajar en ambiente Windows por lo que lo vuelve aún más poco atractivo para presentar informes adecuados que faciliten el uso de indicadores y parámetros para medir adecuadamente la efectividad y resultados de las labores del Departamento de Mantenimiento.

En este aspecto del manejo de costos de mantenimiento se aprecia una notable oportunidad de mejora para controlar los resultados del Departamento de Mantenimiento.

## **2.5 Bodegas de Repuestos**

La bodega de repuestos está considerada para almacenar prácticamente todo lo requerido por la empresa tanto para sus actividades administrativas como operativas. Está conducida por un Encargado de Bodega quien se encarga de hacer la entrega de los materiales y repuestos requeridos, recibir las entregas de los proveedores para codificar y acomodar los repuestos en sus ubicaciones respectivas, alimenta el sistema de cómputo con las requisiciones y facturas de los proveedores, realiza labores de archivo de la información para efectos contables.

Cuando se presentan los inventarios mínimos de los materiales o repuestos estos son solicitados por el Encargado de Bodega al Encargado de Proveeduría, quien procede con la solicitud correspondiente. Estas solicitudes pueden tener dos caracteres: Compra en el mercado nacional o compra en el mercado internacional. Para las compras locales normalmente los proveedores no tardan más de un día en hacer su entrega, mientras que para compras en el exterior las compras tardan en promedio un mes, por lo que son variables a tomar en cuenta que afectan las labores de mantenimiento, especialmente si son de carácter correctivo.



## **2.6 Sistema de Gestión del Mantenimiento en el Sistema de Calidad**

Como se mencionó en secciones anteriores la Gestión del Mantenimiento se documenta en una base de datos de un sistema corporativo, empleando para ello un sistema informático conocido como LOTUS NOTES. Este sistema aunque guarda información importante sobre la ejecución del mantenimiento preventivo es muy inflexible ya que es puramente informativo y no permite realizar otras actividades de control o medición.

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA HOJA RCM

#### 3.1 Objetivos

##### Objetivo General

Crear un programa de mantenimiento preventivo automatizado mediante el programa de base de datos MS Access y utilizar la Hoja de Trabajo RCM y los manuales respectivos de los equipos designados en el alcance de esta práctica.

##### Objetivos Específicos

- Dar a conocer al personal de mantenimiento de la empresa PRAXAIR COSTA RICA, el sistema RCM como una herramienta eficaz para la administración de las actividades del mantenimiento en una Planta de Separación de Aire
- Proveer soluciones para las actividades y tareas que permitan la prevención y predicción de las fallas antes de que las mismas se lleguen a producir en los equipos objeto de esta práctica.
- Elaborar una base de datos con las facilidades permitidas por el programa MS Access para controlar y administrar las actividades del mantenimiento de los equipos objeto de esta práctica.

- Crear los procedimientos necesarios para llevar a cabo el programa de mantenimiento preventivo basado en el RCM para interactuar con el sistema de gestión de la calidad de la empresa PRAXAIR COSTA RICA

### **3.2 Metodología Utilizada**

Esta sección del presente informe se diseñó con base en el programa FUCIÓN2V, elaborado por el Ing. Jorge Valverde Vega, así como la presentación “Hoja de Trabajo RCM” del mismo autor. También se han tomado en cuenta la información recomendada por el Ing. Gilberth Bolaños en su obra “El ABC del mantenimiento”.

La información referente a la Base de Datos que se diseña con el programa MS Access 2000 se basa en los conocimientos adquiridos en el Seminario: “Microsoft Access (Ver. 2003): Su uso Efectivo” impartido por la Cámara de Industrias de Costa Rica en febrero del 2006.

### **3.3 Marco Teórico**

#### **3.3.1 Mantenimiento Preventivo-Predictivo-Proactivo**

El mantenimiento hoy en día como se conoce ha dejado de ser una función exclusiva de la prevención y se ha convertido en un conglomerado de tareas que incluyen actividades de carácter predictivo y proactivo.

Se fundamenta en revisiones periódicas o de diagnóstico de las condiciones en las cuales un equipo y sus partes se encuentran operando y de las cuales depende tanto su eficiencia productiva como su calidad.

Es a través de las inspecciones periódicas que involucran las labores predictivas y proactivas que un programa de mantenimiento preventivo se convierte en una herramienta eficaz para detectar aspectos que por trascendencia pueden tener

repercusiones para la operatividad del equipo y que pueden conducir a condiciones de falla mayores que a la postre podrían repercutir en la seguridad del proceso y en la calidad y productividad esperada.

### **3.3.2 Programa de Mantenimiento**

Es una técnica en la cual en forma metódica se han ordenado las tareas de ejecución tanto para su elaboración como para su implementación al recoger la información semana a semana y por cada máquina que se encuentra involucrada en dicho programa para establecer cursos de acción tendientes a corregir problemas en las mismas máquinas antes de que los mismos se presenten. El Programa de Mantenimiento está constituido por una serie de documentos que permiten registrar la información que se obtiene a partir de las labores especificadas que registran desde las calidades del equipo hasta las inspecciones realizadas con su historia respectiva.

El Programa de Mantenimiento también involucra parámetros de medición para medir su efectividad, estimar sus costos anuales y poder proyectar sus costos en el tiempo con el fin de establecer oportunidades de mejora que permitan hacer más eficiente y óptimo.

### **3.3.3 RCM y Hoja de Trabajo del RCM**

El RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad por sus siglas en inglés) consiste en un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en el contexto operacional.

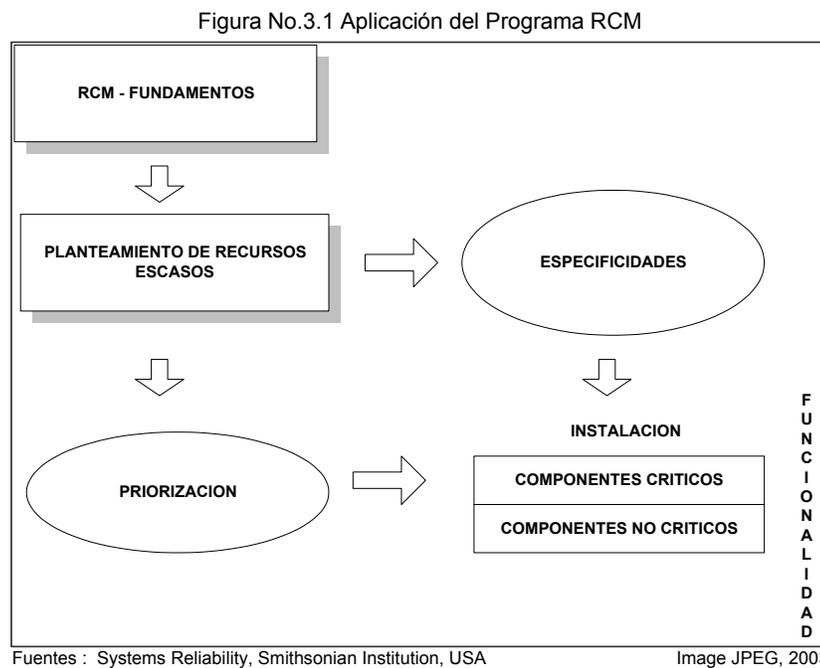
El RCM responde en forma primaria a siete preguntas básicas que son las siguientes:

- ¿Cuales son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?

- ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
- ¿En qué sentido es importante cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Para poder aplicar este programa sistemáticamente logrando su máxima efectividad se debe resumir su información en una Hoja de Trabajo RCM, la cual se divide en secciones que van respondiendo a las siete preguntas citadas anteriormente.

Un esquema general que representa estos aspectos se resume en la Figura 3.1 adjunta:



Luego de elaborar dicha Hoja de Trabajo se direccionan adecuadamente las tareas del programa de mantenimiento al crear una estrategia de mantenimiento que involucra tareas preventivas, proactivas y predictivas.

### **3.3.4 Bases de Datos para Mantenimiento y Microsoft Access**

Las bases de datos para mantenimiento consisten en programas de cómputo destinados a manipular la información de formularios individuales de diversas índoles para obtener retroalimentación respecto a un determinado parámetro, conglomerar aspectos repetitivos y elaborar resúmenes de información que permitan obtener consultas y datos en una forma rápida y simple con la finalidad de tomar decisiones estratégicas de índole económica, de seguridad y de orden operativo.

El programa de MICROSOFT ACCESS consiste en un programa diseñado por parte de la empresa MICROSOFT CORPORATION para crear y administrar bases de datos al emplear un lenguaje muy amigable tanto con el usuario como con el programador cuya base es el programa VISUAL BASIC. Este programa es parte de la familia MICROSOFT OFFICE PROFESIONAL y permite administrar de una manera sencilla formularios, tablas y consultas con el fin de obtener conclusiones para la toma de decisiones en la actividad donde se desarrolle, en este caso en un Programa de Mantenimiento.

### **3.4 Diseño de documentos**

Los documentos que se diseñan para efectos del presente informe se resumen en el Apéndice 3.A Documentación para la Elaboración del RCM y el Programa de Mantenimiento Preventivo. A continuación se presenta una breve descripción de los mismos.

### **3.4.1 Orden de Trabajo**

La Orden de Trabajo como su nombre lo indica es una orden o solicitud por parte de un responsable de emitirla para la revisión de un equipo con varias motivaciones que pueden ser de tipo preventivo, correctivo, rutinas de lubricación o modificación para mantener el equipo dentro de los estándares de funcionamiento esperados. En el Apéndice 3.A1 se resumen la información contenida en el mismo. En el caso de PRAXAIR COSTA RICA, el documento de Orden de Trabajo es un poco inflexible y tiene algunas características que podrían ser mejoradas. Para aprovechar su información se ha elaborado uno que integra la información que contiene actualmente con información que se le ha agregado al respecto como propuesta de mejora.

### **3.4.2 Hoja Técnica de Equipos**

Esta hoja resume la información de los datos de placa y de manuales aportados por los fabricantes con la finalidad de contar con la información necesaria para efectos de diseño de las facilidades (agua, electricidad, aire, lubricantes, etc.). También resume información propia del equipo para obtener apoyo del vendedor y el fabricante, conocer su vida útil y tener parámetros que delimitan su estándar típico de funcionamiento en el Apéndice 3.A2 se presenta el documento elaborado para este fin.

### **3.4.3 Historial de Reparaciones**

El Historial de Reparaciones es una tabla donde se resume la información de los servicios que ha recibido un equipo o máquina durante su vida funcional. En ella se documenta la fecha, el proveedor del servicio, la descripción y otros con la finalidad de obtener información para hacer valer garantías y obtener información de la calidad y confiabilidad del equipo en sí. En el Apéndice 3.A3 se presenta un documento de este tipo.

#### **3.4.4 Requisición a Bodega**

La requisición a bodega es un documento elaborado con la finalidad de solicitar materiales o repuestos que se encuentran almacenados en la bodega de la empresa. En ella se resume información contable, histórica y descriptiva para aspectos operacionales y legales de la empresa. Este documento es usado por PRAXAIR COSTA RICA en un mismo formato para uso de todos los departamentos y localidades. En el se ha detectado que falta una única casilla que identifique la cuenta contable del material o repuesto solicitado con el fin de encasillar los gastos según rubros que faciliten información de centros de costos. En el Apéndice 3.A4 se presenta una requisición original que utiliza la empresa.

#### **3.4.5 Hoja de Trabajo del RCM**

Este documento consiste en una matriz secuencial de información que permite determinar acciones proactivas para diferentes eventos que pueden provocar fallas en los equipos. Este documento es el centro objetivo de aplicación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad y con él se logran derivar las estrategias más adecuadas de mantenimiento dependiendo de las causas y las eventualidades que puedan provocar una falla en el equipo. En las próximas secciones se presentará este documento aplicado sobre cada uno de los equipos citados en la sección 3.6 de este informe.

#### **3.4.6 Hoja del Manual de Mantenimiento Preventivo**

El documento Hoja del Manual de Mantenimiento Preventivo es una hoja que se deriva de la información obtenida de la Hoja de Trabajo RCM y consiste en una matriz que resume las actividades proactivas que deben ser ejecutadas a la hora de realizar la inspección de una unidad en un periodo determinado. Esta hoja se presenta en la Sección 3.12, en el Cuadro 3.7 del presente capítulo.

### 3.4.7 Comparativo de Gastos

El Comparativo de Gastos es un documento que pretende resumir la información concerniente a los gastos de cada tipo de mantenimiento, la prevista y la real con la finalidad de medir índices que ponderen las actividades del mantenimiento desde una perspectiva profesional. En el Apéndice 3.A5 se muestra un documento de este tipo.

### 3.5 Selección de las máquinas que formarán parte del PMP

Como se mencionó inicialmente en el comienzo del presente curso de Práctica de Especialidad las máquinas que constituyen la elaboración del presente informe para efectos de la aplicación de la hoja RCM y el Programa de Mantenimiento Preventivo serán las siguientes:

- Filtros de Alúmina separadores de humedad e impurezas.
- Sistema de Prepurificación “Molecular Sieve” para separación de hidrocarburos y CO<sub>2</sub>.
- Compresor Reciprocante de Aire No.8
- Compresor de Dos Etapas (Reciclo de Nitrógeno Waste).
- Sistema de Refrigeración (Chiller) del Intercambiador Primario.
- Bomba de Trasiego de Oxígeno en estado gas.

Cabe destacar que la labor del PMP se aplica a una Bomba de Trasiego de Oxígeno cuando en el objetivo se plantean varias. Esta decisión se tomó basada en que las bombas son similares en sus propiedades físicas y capacidades por lo que se hará el PMP para una de ellas y luego se debe generalizar.

### **3.6 Grado de deterioro de las máquinas**

Las máquinas a pesar del tiempo que ha transcurrido se encuentran en buenas condiciones. En general se presentan problemas que son propios de su uso normal y no presentan en general modificaciones importantes

El equipo con mayor reporte de problemas de mantenimiento correctivo es el Sistema de Refrigeración Chiller del intercambiador primario, el cual en principio presenta alguna fuga que con el plazo de un mes y más empieza presentar problemas de funcionamiento para requerir ajuste de carga y revisión de parámetros de operación. Este equipo es uno de los más críticos del sistema debido que su aporte como sistema de enfriamiento lo vuelve fundamental para el proceso de producción.

Después del equipo de refrigeración, le sigue en el orden de actividades correctivas las bombas de trasiego de oxígeno. Esto debido a que en la parte del émbolo o pistón presenta unos anillos de grafito que cumplen una función de sello y lubricación. Dependiendo de su estado, ajuste y demanda de operación se empiezan a rayar creando fugas que se incrementan con el tiempo y van deteriorando el estándar de funcionamiento esperado hasta que la bomba no es apta para los fines productivos y se debe parar para cambiarle los anillos incurriéndose en tiempos muertos.

### **3.7 Estudio técnico de las máquinas**

Para realizar el estudio técnico de las máquinas, se llevó a cabo una investigación sobre los manuales existentes en la empresa. De algunos de ellos no se tiene información y por lo tanto se hicieron consultas a las casas fabricantes. Aún en este caso, no fue posible conseguir mayor información.

Después se realizó un estudio de los parámetros de funcionamiento del fabricante de la máquina y se comparó con las variables actuales que presentaban, para así coordinar su introducción con el plan de mantenimiento preventivo. Además, se hicieron consultas a los mecánicos involucrados en las actividades de mantenimiento de los equipos para averiguar cuáles eran los que presentaban fallas con mayor frecuencia y qué partes mostraban mayores problemas, para orientar de una forma más concreta donde focalizar las actividades del RCM y la estrategia de mantenimiento.

### **3.8 Formación del Archivo Técnico**

Para la formación del archivo técnico se fundamenta en los siguientes aspectos:

- Elaboración de ampos o carpetas en un archivo donde se centralice la información individual de cada equipo.
- La información que constituye este archivo se puede diversificar en dos sentidos: Ya sea físicamente mediante un archivo con sus catálogos impresos o utilizando los medios electrónicos para ello, tales como, el escaneo y los formatos PDF.
- Lo importante en cualquiera de los casos es ofrecer al usuario información, rápida y resumida en un solo lugar y en la cual se puedan tomar decisiones con toda la información en la mano.
- Una desventaja objetiva en el uso de la información electrónica es su facilidad para ser reproducida y mal versada por lo que se deben tomar las medidas de seguridad correctas para evitar el dolo en este sentido.



### **3.9 Funciones, Parámetros de Funcionamiento y Contexto Operacional**

Para facilitar la comprensión de esta sección se ha elaborado el Cuadro 3.1 en el que se resumen las funciones, sus parámetros y el contexto operacional sobre el cual se desempeña cada uno de los equipos.

Este cuadro tiene como objetivo brindar información para la elaboración de la Hoja de Trabajo RCM.

Cuadro 3.1 Funciones, parámetros de funcionamiento y contexto operacional

PRAXAIR COSTA RICA, S.A. Departamento de Mantenimiento Funciones de las Máquinas							
Equipo	Funciones	Contexto Operacional	Parámetros				
			Ubicación	Normal	Mínimo	Máximo	Crítico
Filtros de Alúmina	Recibir el aire enviado por los compresores y separar condensados atrapados en las líneas y el aceite que sale de la operación de los compresores eliminándolo mediante un sistema de purgas que opera periódicamente.	El aire al ser comprimido por los compresores adquiere presión y temperatura, como el aire es tomado directamente de la atmósfera el mismo contiene presente agua y otros elementos. El aceite se agrega cuando los émbolos del compresor son lubricados. La separación de estas dos sustancias es fundamental por dos razones: Congelamiento del agua dentro de los intercambiadores de calor y formación de hidrocarburos con riesgos de explosión por alta concentración en el condensador principal de columna de destilación.	Purgas Automáticas de los filtros de alúmina	Este sistema requiere de un purgado periódico cada hora para la botella de alúmina y media hora para la botella separación de aceite.			
Sistema de Prepurificación Molecular Sieve	Recibir el aire libre de agua y aceite y eliminar el agua residual, hidrocarburos y el dióxido de carbono en un asiento adsorbente en un ciclo de ocho horas.	El aire en su estado natural contiene hidrocarburos, agua en estado de vapor y Dióxido de Carbono. La presencia de estos elementos en el Sistema de Destilación del Aire tiene efectos adversos que pueden conducir a un evento significativo de seguridad. Esto si ellos están presentes en el condensador principal a cierto nivel de concentración o en las tuberías. El aire por lo tanto antes de entrar al intercambiador primario debe estar literalmente seco y libre de impurezas.	Temperatura de Salida al PHX (Intercambiador Primario de Calor) [C]	26	16	45	60
			Flujo de Nitrógeno Waste para Calentamiento [pulgadas H2O]	3,5	3	4,5	2
			Presión de Entrada al Sistema [Psig]	2500	2750	2000	1500
Sistema de Refrigeración Chiller	Enfriar el aire de salida de los intercambiadores economizadores de la caja fría para ser enviado a la columna de destilación.	El aire para ser destilado debe en el proceso ir alcanzando sus temperaturas de licuación. Durante su camino en el intercambiador de calor primario va cediendo calor a las corrientes frías de los productos de la destilación hasta llegar a la columna baja. Si el aire no llega lo suficientemente frío a la columna de destilación el proceso se vuelve ineficiente, produciendo un nivel inferior al esperado debido a que una parte del calor que debería usarse para la destilación se usa en enfriar este aire con temperatura más alta provocando pérdida de pureza y menor producto destilado por unidad de tiempo.	Presión de Succión [InH2O]	-10	-1	-12	0
			Presión del Aceite [Psig]	150	130	175	180
			Presión Intermedia [Psig]	12	5	22	0
			Presión de Descarga [Psig]	150	130	175	180
			Temperatura de Succión [C]	-30	-10	-40	0

Fuente: Manual de Operación Columna DLONA-14

MS Excel,

2003

Cuadro 3.1 Funciones, parámetros de funcionamiento y contexto operacional. (Continuación)

PRAXAIR COSTA RICA, S.A. Departamento de Mantenimiento Funciones de las Máquinas							
Equipo	Funciones	Contexto Operacional	Parámetros				
			Ubicación	Normal	Mínimo	Máximo	Crítico
Reciclo de Nitrógeno	Reciclar el nitrógeno de desecho (waste) para proveer refrigeración adicional y al mismo tiempo permitir que la separación de elementos del aire en la columna de destilación se lleve a cabo a una menor altura de la columna volviendo más eficiente el proceso.	El gas residual del nitrógeno que se obtiene en la parte alta de la columna superior es pasado a través de los enfriadores e intercambiadores para ser comprimido por el Compresor Reciclo de Nitrógeno, luego es enfriado por intercambiadores posteriores y es enviado de regreso al intercambiador primario para hacer intercambios de calor. Posteriormente continua su ciclo ofreciendo fuentes de calor para calentamiento de planta, bombas, pasando por el intercambiador de la columna baja, intercambiadores de sílica gel y finalmente venteado a la atmósfera.	Presión Diferencial [Pulgadas de H2O]	25	20	30	15
			Presión de Descarga [Psig]	160	140	200	250
			Presión Admisión [Kg/cm2]	0,1	0,05	0,2	0,5
			Temperatura de la Descarga [C]	125	110	140	150
Compresor Reciprocante No.8	Comprimir el aire tomado directamente de la atmósfera y ser comprimido a alta presión mediante un proceso mecánico de compresión en cinco etapas.	Son el primer eslabón del sistema total de destilación del aire a alta presión. Provee el caudal y la presión de aire necesarios para operar en conjunto con otros compresores.	Presión Primera Etapa [Psig]	25	20	30	40
			Presión Segunda Etapa [Psig]	90	80	100	110
			Presión Tercera Etapa [Psig]	250	200	300	350
			Presión Cuarta Etapa [Psig]	850	800	900	1000
			Presión Quinta Etapa [Psig]	2500	2400	2700	3000
			Temperatura Primer Etapa [C]	28	22	34	36
			Temperatura Segunda Etapa [C]	28	22	34	36
			Temperatura Tercer Etapa [C]	28	22	34	36
			Temperatura Cuarta Etapa [C]	28	22	34	36
Bomba de Trasiego de Oxígeno No.1	Bombear Oxígeno en estado gaseoso a alta presión para llenar cilindros en el rack de cilindros de oxígeno.	El oxígeno líquido del fondo de la columna superior se pasa a través del subenfriador de la línea de succión hacia la bomba reciprocante donde éste es bombeado y calentado en los intercambiadores economizadores de las cajas frías hasta llegar al Rack de Oxígeno en estado gaseoso.	Manómetro de Descarga PI-805 (Psi)	N/A	0	3000	3200

Fuente: Manual de Operación Columna DLONA-14

MS Excel, 2003

### 3.10 División y codificación de las máquinas en partes y subpartes

En el Cuadro 3.2 se resume la información a partir de la revisión de la información obtenida. Especialmente de los diagramas de proceso e instrumentación actualizados con que cuenta la planta.

Por aspectos de confidencialidad no se adjuntan los diagramas correspondientes en el presente informe, sin embargo su aporte es incalculable para señalar las diferentes partes y subpartes de los equipos en los que se basa el presente informe. Esto en vista de la ausencia de información técnica de algunos de ellos.

Cuadro 3.2 Resumen de Información de Codificación para dos de los equipos involucrados en el Programa de Mantenimiento Preventivo  
(Ver Información completa en el Apéndice 3.B)

PRAXAIR COSTA RICA, S.A. Departamento de Mantenimiento					
					
PARTES Y SUBPARTES DE MÁQUINA Y CODIFICACIÓN GENERAL					
CÓDIGO	MÁQUINA	CÓDIGO	PARTE	CÓDIGO	SUBPARTE
PSA-MS	Sistema de Prepurificación Molecular Sieve	PSA-MS-1	Sistema de Tuberías y Válvulas	N/A	Sistema como un todo
		PSA-MS-2	Estructura de Aislamiento	N/A	Sistema como un todo
		PSA-MS-3	Botellas de Adsorción	PSA-MS-3A	Recipiente
				PSA-MS-3B	Material de Adsorción
		PSA-MS-4	Filtro de Separación de Polvo	N/A	Sistema como un todo
		PSA-MS-5	Turbina de Nitrógeno Waste	PSA-MS-5A	Motor Eléctrico
				PSA-MS-5B	Impulsor
				PSA-MS-5C	Sistema de Control Eléctrico
		PSA-MS-6	Intercambiador de Enfriamiento por Agua del Nitrógeno Waste	N/A	Sistema como un todo
		PSA-MS-7	Intercambiador de Enfriamiento por Agua del Aire	N/A	Sistema como un todo
PSA-MS-8	Instrumentación	PSA-MS-8A	Manómetros		
		PSA-MS-8B	Indicadores de Temperatura		
		PSA-MS-8C	Orificio Calibrado		
PSA-MS-9	Calentador del Nitrógeno Waste	PSA-MS-9A	Sistema Eléctrica		
		PSA-MS-9B	Resistencia Interna		
PSA-SR	Sistema de Refrigeración Chiller	PSA-SR-1	Compresor	PSA-SR-1A	Cigüeñal
				PSA-SR-1B	Pistones
				PSA-SR-1C	Carcaza
				PSA-SR-1D	Motor Eléctrico
				PSA-SR-1E	Sistema de Poleas
				PSA-SR-1F	Resistencia de Calentamiento de Aceite H 301
				PSA-SR-1D	Sistema de Control Eléctrico y Arranque
		PSA-SR-2	Separador de Aceite S-301	N/A	Sistema como un todo
		PSA-SR-3	Enfriador E-301	N/A	Sistema como un todo
		PSA-SR-4	Condensador E-302	N/A	Sistema como un todo
		PSA-SR-5	Secador D-301	N/A	Sistema como un todo
		PSA-SR-6	Valvula de Control de Presión PV-301	N/A	Sistema como un todo
		PSA-SR-7	Protecciones de Presión y Temperatura	PSA-SR-7A	Presostatos
				PSA-SR-7B	Termostatos
PSA-SR-8	Sistema de Tuberías y Válvulas	N/A	Sistema como un todo		
PSA-SR-9	Instrumentación	PSA-SR-8A	Manómetros		
		PSA-SR-8B	Indicadores de Temperatura		

Fuente: Diagramas de Proceso e Instrumentación. Columna DLONA 1400

MS Excel, 2003

### 3.11 Elaborar la Hoja de Trabajo RCM para cada equipo

Con la finalidad de resumir información y evitar redundancia en el presente informe, la elaboración de la Hoja de Trabajo RCM se resumió al aplicar un análisis de criticidad basado en la condición operativa del equipo. En el Cuadro 3.3 se hace un reconocimiento de los equipos y las partes que son objeto de un análisis de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, tanto por aspectos críticos como de seguridad operacional.

Cuadro No.3.3 Equipos a los que se Aplica la Hoja de Trabajo RCM

PRAXAIR COSTA RICA, S.A. Departamento de Mantenimiento				
				
EQUIPOS CON APLICACIÓN DE HOJA RCM				
CÓDIGO	MÁQUINA	CÓDIGO	PARTE	NÚMERO HOJA RCM
PSA-FA	Filtros de Alúmina	PSA-FA-3	Purgas Automáticas	1
PSA-MS	Sistema de Prepurificación Molecular Sieve	PSA-MS-4	Filtro de Separación de Polvo	2
		PSA-MS-5	Turbina de Nitrógeno Waste	3
		PSA-MS-9	Calentador del Nitrógeno Waste	4
PSA-SR	Sistema de Refrigeración Chiller	PSA-SR-1	Compresor	5
PSA-RN	Reciclo de Nitrógeno	PSA-NR-2	Compresor	6
PSA-CR8	Compresor Reciprocante No.8	PSA-CR8-1	Sistema de Compresión	7
		PSA-CR8-2	Sistema de Enfriamiento	8
		PSA-CR8-3	Sistema de Lubricación	9
PSA-BT1	Bomba de Trasiego de Oxígeno No.1	PSA-BT1-1	Sistema de Transmisión Mecánica	10
		PSA-BT1-2	Sistema de Bombeo	11

Fuente: Diagramas de Proceso e Instrumentación. Columna DLONA 1400

MS Excel, 2003

En el Cuadro 3.4 se muestran una de las Hojas de Trabajo RCM elaborada para el filtro de alúmina. En el Apéndice 3.C se adjunta el archivo completo de Hojas de Trabajo RCM elaboradas para todos los equipos involucrados en el presente informe.



Cuadro 3.4 Hoja de Trabajo RCM No.1 para Filtros de Alúmina

Empresa:		PRAXAIR COSTA RICA, S.A.	HOJA DE TRABAJO RCM No.1		PÁGINA No.:	1 DE 1					
Sección:		PLANTA SEPARACIÓN AIRE			FECHA:	19 de Mayo de 2006					
MÁQUINA:	FILTROS DE ALÚMINA	CÓDIGO:	PSA-FA	REALIZÓ:	Juan Pablo Arias						
PARTE:	PURGADO AUTOMÁTICO	CÓDIGO:	PSA-FA-3	COORDINADOR:	Juan Pablo Arias						
SUBPARTE:	PURGA No.1	CÓDIGO:	PSA-FA-3A	FACILITADOR:	Juan Pablo Arias						
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO		ACCIÓN PROACTIVA			
1	Purgar el líquido contenido en el filtro durante 20 segundos	A	Purgar el líquido durante más de 20 segundos	1	I	Programa lógico del PLC no funciona correctamente	1	Se baja la presión del sistema más de lo normal afectando su pureza	1	1	Revisar los tiempos del PLC para determinar que son de 20 segundos
				2	I	Válvula de la purga se queda trabada al girar	1	Se baja la presión del sistema afectando su pureza	1	1	Revisar asientos de la válvula
		B	Purgar el líquido en menos de 20 segundos	1	I	Programa lógico del PLC no funciona correctamente	1	Agua y CO2 se acumulan en las botellas	1	1	Revisar que no tenga obstrucciones
				1	I	Válvula de la purga se queda trabada sin girar	1	Se acumula Agua y CO2 en los filtros de Alúmina hasta emigrar al Moléculas Sieve	1	1	Revisar los tiempos del PLC para determinar que son de 20 segundos
		C	Dejar de purgar en 20 segundos	1	E	Fallo en servicio eléctrico	2	El equipo se encuentra en función a la "espera de"	2	1	Verificar con cada ciclo que la válvula da paso al fluido de purga
				2	E	Fallo en servicio eléctrico	2	El equipo se encuentra en función a la "espera de"	2	2	Verificar la posición correcta del breaker
2	Realizar la purga cada hora	A	La purga la realiza en periodos de más una hora	1	I	Programa lógico del PLC no funciona correctamente	1	Se acumula Agua y CO2 en los filtros de Alúmina hasta emigrar al Moléculas Sieve	1	1	Revisar que el servicio eléctrico externo no se encuentra fuera de servicio
				1	I	Programa lógico del PLC no funciona correctamente	1	Desgaste de válvula por mayores maniobras de lo necesario	1	1	Revisar los tiempos del PLC para determinar que los ciclos de purga son cada hora
		C	Dejar hacer las purgas cada hora	1	I	Fallo en servicio eléctrico	1	El equipo se encuentra en función a la "espera de"	1	1	Verificar los tiempos del PLC para determinar que los ciclos de purga son cada hora
				1	E	Programa lógico del PLC no funciona correctamente	1	Se acumula Agua y CO2 en los filtros de Alúmina hasta emigrar al Moléculas Sieve	1	1	Verificar la posición correcta del breaker
		1	E	Programa lógico del PLC no funciona correctamente	1	Se acumula Agua y CO2 en los filtros de Alúmina hasta emigrar al Moléculas Sieve	1	1	Verificar que el servicio eléctrico externo no se encuentra fuera de servicio		
3	Contener el líquido que pasa por dentro de su cuerpo	A	No contiene el líquido que pasa en su interior	1	I	Asientos de la válvula desgastados	1	Agua y CO2 pasan al Molecular Sieve	1	1	Revisar que el programa lógico no este alterado o caído
				2	I	Tuberías y uniones no están correctamente ajustadas	1	Agua e impurezas se derraman en el piso	1	1	Revisar la válvula para comprobar su estado y cambiar si es necesario

Fuente: Manual de Operación Columna DLONA 1400

MS Excel, 2003



### 3.12 Elaboración del Manual de Inspecciones del PMP

El Manual de Mantenimiento Preventivo se ha elaborado de acuerdo con los resultados de las actividades proactivas obtenidas de la aplicación de la Hoja de Trabajo RCM y las recomendaciones de los manuales disponibles. La metodología específica que se seguirá, será orientar las inspecciones por cada equipo, de tal manera que todas las actividades estén incluidas en un solo conjunto de inspecciones, con lo cual el Técnico o Ejecutor de las inspecciones se le facilite identificar las tareas de inspección.

En el Departamento de Mantenimiento se elaborarán carpetas físicas individuales por cada frecuencia con la finalidad de archivar la información, de tal manera que sean fácilmente localizables.

La información que se obtenga será objeto de almacenamiento en la base de datos con la finalidad de iniciar un proceso de seguimiento de las inspecciones y de reparaciones hasta su conclusión. Todo esto con la finalidad de retroalimentar al Departamento de Mantenimiento sobre el Historial del Equipo e identificar índices apropiados de rendimiento para la mejora continua del departamento mismo.

En el Cuadro 3.5 se presenta una de las hojas de inspección correspondiente al filtro Prepurificador Molecular Sieve. Para poder ver toda la información relacionada con este apartado ir al Apéndice 3.D Manual de Inspecciones del PMP del presente informe.



Cuadro 3.5 Hoja de Inspección del Prepurificador Molecular Sieve

<b>PRAXAIR COSTA RICA, S.A.</b> Departamento de Mantenimiento					
Fecha:	18 de mayo de 2006	Localidad:	Tres Ríos		
Máquina:	Prepurificador Molecular Sieve	Ubicación:	Planta Separación de Aire		
Código:	PSA-MS	Elaboró:	Juan Pablo Arias C.		
<b>MANUAL DE INSPECCIONES</b>					
CÓDIGO INSPEC.	INSPECCIÓN A REALIZAR	FRECUENCIA	DURACIÓN (Minutos)	TECNICOS	AYUDANTES
CI-MS-03	Revise las válvulas (Cambie los prensaestopas s.es.nec.)	A	240	2 Mec	
CI-MS-03	Cambiar el Molecular Sieve	4A	720	2 Mec	1
<b>Subparte: PSA-MS-4 Filtro de Separación de Polvo</b>					
CI-MS-01	Revise las tuberías y accesorios (Resoque y ajuste si hay fugas)	T	120	1 Mec	1
CI-MS-02	Revise el filtro de salida de cada depósito (Limpie si es necesario)	A	270	1 Mec	
CI-MS-03	Revise las líneas de los reguladores de instrumentación (Purge si es necesario)	A	120	1 Mec	1
<b>Subparte: PSA-MS-9 Soplador de Nitrógeno Waste (Lamson)</b>					
CI-MS-04	Analice con estetoscopio estado de los roles de la turbina	M	45	1 Mec	
CI-MS-05	Realice una inspección del sistema eléctrico (Limpie y Ajuste)	M	60	1 Eléctr	
CI-MS-06	Revise las tuberías, uniones y accesorios (Resoque y ajuste si hay fugas)	T	60	1 Mec	1
CI-MS-07	Revise estado exterior de la carcasa (Golpes, abolladuras, fugas)	T	20	1 Mec	
CI-MS-08	Verifique el estado del acople del motor (Ajuste s.es.nec.)	T	30	1 Mec	1
CI-MS-09	Verifique ajuste de los tornillos del anclaje. (Resoque si es necesario)	C	30	1 Mec	
CI-MS-10	Comprobar estado de los álabes del soplador	Sm	180	2 Mec	
<b>Subparte: PSA-MS-5 Calentador del Nitrógeno Waste</b>					
CI-MS-11	Comprobar si flujo al inicio alcanza los 3,5" de agua	D	5	JT	
CI-MS-12	Determine si los voltajes de entrada son los adecuados	M	15	1 Eléctr	
CI-MS-13	Verifique que el temporizador esta en buen estado (Tiempo calentamiento: 50 minutos)	M	60 (Ver nota 5)	1 Eléctr	
CI-MS-14	Revise estado general de los cables de alimentación	T	60	1 Eléctr	
CI-MS-15	Mida el valor de resistencia de los terminales con un Ohmetro	A	90	1 Eléctr	1
<b>NOTAS:</b> 1. Antes de realizar las tareas consulte y entienda los procedimientos de seguridad. 2. Siempre use las herramientas adecuadas para cada operación. 3. Informe al Jefe de Turno antes de apagar y/o proceder con un equipo. 4. Al terminar la labor siempre informe los resultados al Jefe de Turno. 5. Programar el momento con el Jefe de Turno		<b>NOMENCLATURAS:</b> <b>Frecuencias</b> D: Diario S: Semanal Q: Quincenal M: Mensual T: Trimestral C: Cuatrimestral Sm: Semestral A: Anual <b>Técnicos</b> JT: Jefe Turno Prog: Programador Eléctr.: Eléctrico Mec.: Mecánico Cont.: Contratista Ref.: Refrigeración			

Fuente: Manual de Operación Columna DLONA 1400, Supairco.

MS Excel, 2003



### **3.13 Determinar los repuestos y materiales requeridos**

Se ha elaborado una lista muy general de los repuestos y materiales que se deberán usar para efectos de la aplicación del programa de mantenimiento preventivo.

Las listas generales de partes no se adjuntan ya que estos manuales estarán disponibles para ir con la experiencia y el desarrollo del programa determinando un inventario adecuado que sea óptimo para la empresa, sin que se incurran en grandes gastos por inventario ocioso.

El seguimiento especial que se pueda propiciar a partir de la alimentación de la base de datos traerá consigo el beneficio de determinar los movimientos de repuestos para ir determinando su nivel de existencia. No se han manejado precios ni cantidades exactas en vista de que es sumamente variable y en la mayoría de los casos de lo recomendado tanto los repuestos como los materiales ya se encuentran disponibles.

En el Cuadro 3.6 se adjunta un cuadro que resume la información especificada en este apartado:

Cuadro 3.6 Listado general de partes y materiales para el PMP

PRAXAIR COSTA RICA, S.A. Departamento de Mantenimiento			
Lista General de Partes y Materiales para PMP			
MAQUINA	CÓDIGO	PARTES Y SUBPARTES	PRESENTACIÓN
Filtros de Alúmina	PSA-FA	Sabo Dieléctrico	Tarro Spray
		Alúmina (Partícula 8mm)	Kgs
Molecular Sieves	PSA-MS	Prensaestopas	Kgs
		Limpiador Neutro para Oxígeno	Litros
		Molecula	Kgs
Turbina	PSA-MS-5	Catálogo general de Partes Lamson (Stock Mínimo según Manual)	Unidades
Sistema Refrigeración (Vilter)	PSA-SR	Refrigerante Freón R-12	Tanque 50 libras
		Fajas de Poleas del Motor	Unidades
		Detector Neutro de Fugas	Litros
		Filtro Secador	Unidades
		Limpiador Neutro para Oxígeno	Litros
		Nitrógeno a Presión	Cilindro 60 pc
		Limpiador Especial para Intercambiadores (Desincrustante)	Litros
Reciclo	PSA-RN	Anillos de Alta y partes de recambio	Unidades
		Anillos de Baja y partes de recambio	Unidades
		Fajas de Poleas del Motor	Unidades
		Detector Neutro de Fugas	Litros
		Limpiador Especial para Intercambiadores (Desincrustante)	Litros
		Nitrógeno a Presión	Cilindro 60 pc
Compresor Reciprocante No.8	PSA-CR8	Catálogo general de partes NORWALK (Stock Mínimo según Manual)	Unidades
		Fajas de Poleas del Motor	Unidades
		Aceite para Compresor	Galones
		Valvulas para Uso en Aire y Agua General	Unidades
		Limpiador Especial para Intercambiadores (Desincrustante)	Litros
Lubricadora	PSA-CR8-3A	Catálogo general de partes NORWALK (Stock Mínimo según Manual)	Unidades
		Cadena de Lubricadora	Metro
		Fotocelda	Unidades
		Guía de la Fotocelda	Unidades
Bomba de Trasiago de Oxígeno No.1	PSA-BT1	Grasa Especial para Equipos Criogénicos	Presentación de 500 g
		Fajas para Discos de Variador	Unidades
		Catálogo general de partes REEVES (Stock Mínimo según Manual)	Unidades
		Anillos de Grafito	Unidades
		Empaquetadura especial para temperaturas criogénicas	Kgs
		Válvulas de Admisión	Unidades
		Válvulas de Descarga	Unidades
		Válvulas de Desahogo	Unidades

NOTA:  
1. Los manuales deben ser consultados para establecer un stock mínimo.  
2. Se recomienda en las proximidades de las fechas de Overhaul hacer una lista anticipada al proveedor para no incurrir en inventarios ociosos.

Fuente: Manuales de Equipos, Libro 2B, Columna DLONA 1400

MS Excel, 2003

### 3.14 Elaboración del Gantt Anual

El Gantt Anual se ha elaborado siguiendo el formato Tipo 3 recomendado por el profesor Ing. Jorge Valverde del Instituto Tecnológico de Costa Rica. El mismo consiste en agrupar las tareas con una frecuencia en común por cada máquina de tal manera que a la hora de programar las actividades de mantenimiento el programador y el técnico identifiquen la semana correspondiente y seguidamente en el Manual de Inspecciones equiparen las actividades correspondientes.

En el Cuadro 3.7 se muestra un extracto del Gantt Anual correspondiente, en el Apéndice 3.E se adjunta el documento completo.

Cuadro 3.7 Resumen Gantt Anual de Inspecciones

			PRAXAIR COSTA RICA, S.A. Departamento de Mantenimiento Gantt Anual de Programación por Grupos de Inspección																																																
			Enero							Febrero							Marzo							Abril							Mayo							Junio							Julio						
Máquina	Código Parte	Frecuencia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28																					
<b>Filtros de Alúmina</b>																																																			
Filtros de Alúmina	PSA-FA	Mensual	x																																																
		Trimestral																																																	
<b>Molecular Sieves</b>																																																			
Filtro de Separación de Polvo	PSA-MS-4	Trimestral																																																	
		Anual	x																																																
Soplador de Nitrógeno	PSA-MS-9	Mensual		x																																															
		Trimestral																																																	
		Cuatrimestral	x																																																
		Semestral																																																	
Calentador del Nitrógeno Waste	PSA-MS-5	Mensual																																																	
		Trimestral																																																	
		Anual	x																																																
<b>Sistema Refrigeración (Vilter)</b>																																																			
Compresor de Refrigeración	PSA-SR-1	Semanal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																						
		Mensual																																																	
		Trimestral																																																	
		Semestral																																																	
<b>Reciclo de Nitrógeno</b>																																																			
Compresor Reciclo	PSA-RN-1	Semanal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																						
		Quincenal	x																																																
		Mensual	x																																																
		Bimestral		x																																															
		Cuatrimestral																																																	
		Semestral																																																	
<b>Compresor Reciprocante No.8</b>																																																			
Sistema de Compresión	PSA-CR8-1	Semanal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																						
		Mensual																																																	
		Bimestral																																																	
		Trimestral																																																	
		Semestral																																																	
<b>Sistema de Enfriamiento</b>																																																			
Sistema de Enfriamiento	PSA-CR8-2	Semanal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																							
		Quincenal	x																																																
<b>Sistema de Lubricación</b>																																																			
Sistema de Lubricación	PSA-CR8-3	Mensual		x																																															
		Quincenal	x																																																
		Anual																																																	
<b>Bomba de Traslado de Oxígeno No.1</b>																																																			
Sistema de Transmisión Mecánica	PSA-BT1-1	Semanal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																							
		Mensual																																																	
		Anual																																																	
Sistema de Bombeo	PSA-BT1-2	Semanal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																								
		Semestral																																																	
		Anual																																																	

Fuente: Gantt Anual de Programación del Mantenimiento. PSA DLONA 1400

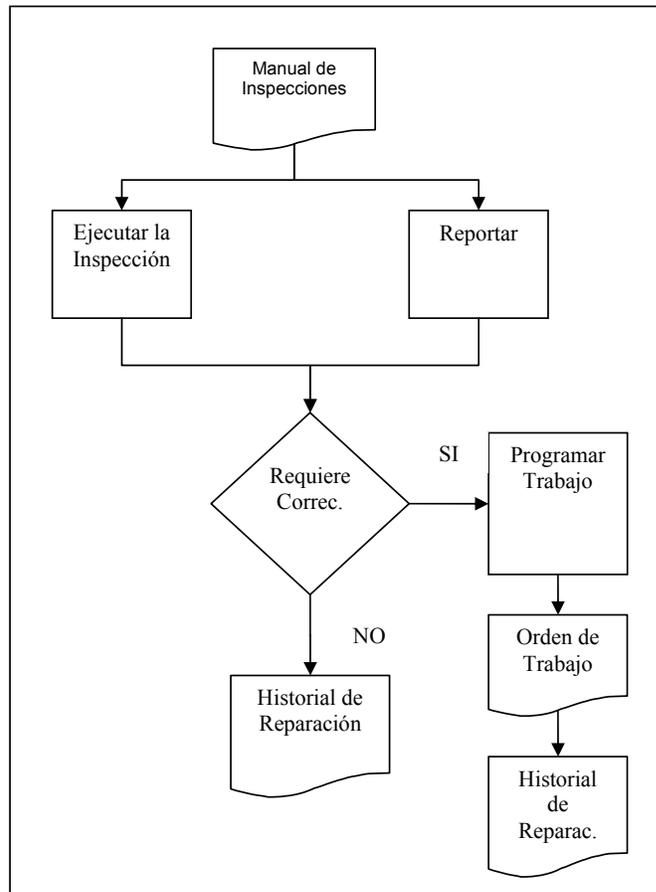
MS Excel, 2003

### 3.15 Orientación de los procedimientos de inspección

El siguiente es el flujo grama que se aplicará para efectos de los procedimientos de inspección que se realizarán en los equipos.

#### 1. Actividad: Reportar

Figura No.3.2 Orientación del Programa de Mantenimiento Preventivo



Fuente: Manual de Administración del Mantenimiento, Ing. J. Valverde MS Word, 2003



### **3.16 Cálculo de Disponibilidad Semanal de las Máquinas**

Para estimar esta sección del Programa de Mantenimiento Preventivo se ha realizado el Cuadro No.3.8, en el cual se resume la información referente a la disponibilidad semanal de cada una de las máquinas.

Cabe destacar que la planta opera durante las 24 horas por lo que se debe hacer una coordinación muy estrecha con el Departamento de Producción para poder lograr los objetivos del Programa de Mantenimiento Preventivo.



Cuadro 3.8 Cálculo de la Disponibilidad de Equipos

PRAXAIR COSTA RICA, S.A. Departamento de Mantenimiento									Cálculo de la Disponibilidad Semanal de Máquinas			
Máquina	Código	Horas en Operación	Horas Disponibles	Comentario	Especialidades (Cantidad)				Disponibilidad Semanal (En horas)			
					Eléc.	Mec.	Ref	Instr.	Eléc.	Mec.	Ref.	Instr.
Filtros de Alúmina	PSA-FA	24	24	Equipo se puede trabajar sacando de operación purgas y haciendo la operación manual mientras se ejecutan las inspecciones	1	2	0	1	144	288	0	144
Prepurificador Molecular Sieve	PSA-MS	24	8	Equipo se puede coordinar con producción para que se realicen las inspecciones con la unidad operando. Para actividades que requieran paro de la máquina se debe programar.	1	2	0	0	48	96	0	0
Sistema de Refrigeración (Vilter)	PSA-SR	24	8	Coordinación con Producción. Las actividades se pueden realizar en las primeras horas del turno de la mañana. Actividades de paro prolongado se deben programar.	1	2	1	1	48	96	48	48
Reciclo de Nitrógeno Waste	PSA-RN	24	8	Coordinación con Producción. Las actividades se pueden realizar en las primeras horas del turno de la mañana. Actividades de paro prolongado se deben programar.	1	2	0	1	48	96	0	48
Compresor Reciprocante No.8	PSA-CR8	24	8	Coordinación con Producción. Se cuenta con equipos redundantes para llevar a cabo las tareas requeridas.	1	3	0	1	48	144	0	48

Fuente: Manual de Administración del Mantenimiento. Ing. Jorge Valverde, 1996

MS Excel, 200







### 3.17 Calcular el Costo Total del PMP

#### 3.17.1 Costo Total de la Mano de Obra

La relación de costos se realiza para la ejecución del PMP durante un año. Por lo tanto la relación de costos será costo/año. El cálculo se aplica a cada una de las inspecciones tomando en cuenta la duración en horas, la frecuencia y el costo de mano de obra en hora-hombre.

La estimación de la mano de obra se estimará, por lo tanto, aplicando la siguiente fórmula:

$$CMO_{Ci} = D \times CHH \times F$$

A continuación se muestra la estimación del costo de mano obra una de las inspecciones del Compresor Reciprocante No.8:

Figura No. 3.3 Información de una inspección

<b>CI-CR8-02</b>	<b>Verificar estado y tensión de las fajas del motor</b>	<b>Mensual</b>	<b>45 min.</b>	<b>1</b>
<b>MEC</b>				

Fuente: Hoja de Inspecciones para Compresor Reciprocante No.8

MS Word, 2003

F = Frecuencia:            Mensual  
Meses al Año:            12 meses  
D = Duración (Horas):    0.75 horas  
CHH = Costo HH MEC:    1554.00 colones

$$CMO_{CI-CR8-02} = 0.75 \times \text{¢}1554 \times 12 = \text{¢}13986 \text{ por año}$$

En esta muestra se extiende a todas las inspecciones para obtener el costo total estimado para efectos de la mano de obra del PMP.

### 3.17.2 Costo Total de los Repuestos

Para estimar el costo de los repuestos se considera utilizando la cantidad de repuestos para el año y el costo unitario de cada uno de ellos, para lo cual se estima el valor individual de cada inspección y se suma el total.

Para el caso de la estimación de costos de una inspección se aplica la siguiente fórmula:

$$CRE = \Sigma (CRA \times CUR)$$

Donde:

CRA = Cantidad Unitaria de Cada Repuesto por Inspección

CUR = Costo Unitario de Cada Repuesto

CRE = Sumatoria de los Costos Individuales por repuesto por inspección en un año

Es importante hacer hincapié que debido a la falta de tiempo no se pudieron identificar los costos de todos los repuestos involucrados en el Programa de Mantenimiento Preventivo, por lo que no se pudo estimar el costo total. Sin embargo a través del seguimiento del programa mismo estos costos podrán ser plenamente identificados para poder estimar acertadamente este indicador.

### 3.17.3 Costo Total del Programa de Mantenimiento Preventivo

La estimación del costo total del programa de mantenimiento preventivo será la suma de la totalidad de los rubros anteriores cuya fórmula será:

$$CTPMP = \Sigma (CMO_{Ci}) + \Sigma (CRE_{Ci})$$

Donde:

CMO<sub>Ci</sub> = Costo Anual de Mano de Obra por Inspección

CRE<sub>Ci</sub> = Costo Anual de los Repuestos por Inspección

CTPMP = Sumatoria de los Costos Anuales individuales de Mano de Obra por inspección y Sumatoria de los Costos Anuales de los Repuestos por cada una de las inspecciones.

Tal y como se mencionó en la Sección 3.17.2 hasta tanto no se tengan estimación correcta de los repuestos esta sección queda pendiente, la cual está sujeta al seguimiento que se le conceda al Programa de Mantenimiento Preventivo.

#### **3.17.4 Comparativo de Gastos de Mantenimiento**

Como un aporte adicional para la estimación y control de costos en el Apéndice 3.A5 se adjunta un cuadro elaborado con la finalidad de estimar los gastos anuales presupuestados y los reales. Esto permitiría al Departamento de Mantenimiento discernir y redirigir sus esfuerzos hacia aquellas áreas donde los gastos son mayores para lograr resultados más objetivos año tras año.

#### **3.18 Inicio del Programa de Mantenimiento Preventivo**

El Programa de Mantenimiento Preventivo debe iniciar con una capacitación al personal de mantenimiento y al personal de producción que se verá involucrado. En el mismo se deberá hacer una introducción con una presentación de motivación con material didáctico que permita al personal evacuar sus dudas y afinar detalles al respecto. El personal deberá sentirse plenamente involucrado y comprometido con la aplicación, pues de ellos depende el éxito o fracaso del programa.

Las etapas subsecuentes deberán ser de seguimiento y se deben realizar reuniones mensuales que permitan ver el avance en las inspecciones. Dentro de las actividades más elocuentes se señala la de observar oportunidades de mejora a través del aporte de los ejecutantes para ampliar o reducir las frecuencias o los tiempos de ejecución si ello beneficia aún más el progreso del programa.

El Jefe de Mantenimiento debe tener un liderazgo preponderante sobre el programa, principalmente en lo que sobre aspectos de medición y obtención de resultados se refiere.

Finalmente la coordinación con el Departamento de Producción es otra piedra angular del proceso, pues su participación permitirá que las inspecciones se realicen en los tiempos sugeridos. La programación de inspecciones de alto impacto productivo serán minimizadas al ajustar las operaciones en la planta para que los tiempos sean objetivamente considerados y se realicen paros programados eficientemente coordinados.

### 3.19 Índices de Medición y Gestión del Mantenimiento

Para considerar los índices de medición y gestión del mantenimiento se han tomando en consideración los recomendados por el autor Lourival Tavares, en su obra **“Administración Moderna del Mantenimiento”** y los cuales deberán ser aplicados al Departamento de Mantenimiento para establecer metas anuales de cumplimiento y revisiones periódicas de sus resultados. Los índices que a continuación se detallan están catalogados como de “De clase mundial” y son aplicados por las diversas industrias alrededor del mundo. En general estos índices pueden ser aplicados mensualmente, con el fin de llegar a un resultado final promedio anual, el cual serviría de base para los próximos años.

#### 3.19.1 Índices de Gestión de Equipos

##### a. Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF)

$$\text{TMEF} = (\text{NOIT} \times \text{HROP}) / \Sigma (\text{NTMC})$$

Donde: NOIT = Ítemes producidos  
HROP = Horas Totales de Operación  
NTMC = Horas Totales en Mantenimiento

b. Tiempo Medio Para la Reparación (TMPR)

$$\text{TMPR} = \Sigma (\text{HTMC}) / \text{NTMC}$$

Donde: HTMC = Horas Totales de Intervenciones en Mantenimiento  
NTMC = Número Total de Ítemes sometidos a Mantenimiento

c. Disponibilidad de Equipos (DISP)

$$\text{DISP} = [\text{HROP} / (\text{HROP} + \text{HTMN})] \times 100$$

Donde: HROP = Horas Totales de Operación  
HTMC = Horas Totales de Intervenciones en Mantenimiento

d. Tasa de Falla Observada (TXFO)

$$\text{TXFO} = \text{NTCM} / \Sigma (\text{HROP})$$

Donde: NTMC = Número Total de Ítemes sometidos a Mantenimiento  
HROP = Horas Totales de Operación

e. Tasa de Reparación (TXRP)

$$\text{TXRP} = \text{NTCM} / \Sigma (\text{HRCM})$$

Donde: NTMC = Número Total de Ítemes sometidos a Mantenimiento  
HRCM = Número Total de Horas en Intervención de Mante.

### 3.19.2 Índices de Gestión de Costos

a. Costo de Mantenimiento por Facturación. (CMFT)

$$\text{CMFT} = (\text{CTMN} / \text{FTEP}) \times 100$$

Donde: CTMN = Costo Total de Mantenimiento de Equipos

FTEP = Facturación de la Empresa en el Periodo

b. Costo de Mantenimiento por el Valor de Reposición. (CMPV)

$$\text{CMPV} = [\sum (\text{CTMN}) / \text{VLRP}] \times 100$$

Donde:  $\sum$  CTMN = Costo Total del Mantenimiento aplicado a un equipo

VLRP = Valor de Compra del mismo Equipo de Fábrica

## CONCLUSIONES

- a. A pesar de que la Hoja de Trabajo RCM ha sido utilizada ampliamente por países desarrollados, en nuestro país es evidente que no se conocen las bondades de su aplicación ni su uso en la implementación de estrategias de mantenimiento.
- b. Durante el proceso de elaboración del Programa de Mantenimiento Preventivo una de las limitantes fue la falta de información técnica relacionada con la operación y el mantenimiento de los equipos.
- c. La Hoja de Trabajo RCM demostró a la hora de ser aplicada sobre actividades proactivas importantes que no fueron consideradas en anteriores programas de mantenimiento con los que la empresa contaba.
- d. Una de las limitantes más importantes en la elaboración de un programa de mantenimiento preventivo es la falta de tiempo debido a que las máquinas no siempre están disponibles. Esto especialmente en plantas como la intervenida donde se opera las 24 horas del día.
- e. La coordinación con el Departamento de Producción es un factor clave del éxito en la implementación y continuidad de un programa de mantenimiento preventivo, por lo que su participación debe ser considerada a la hora de definir actividades, tiempos de revisión y reparación así como de programación.
- f. Debido a la falta de información histórica no ha sido posible determinar los índices de clase mundial propuestos, por lo que con el inicio del programa se podrán ir desarrollando dichos índices a fin de retroalimentar el Departamento de Mantenimiento y orientarse en un proceso de mejora continua.

## RECOMENDACIONES

- a. A las instituciones que se encargan de elaborar y enseñar temas relacionados con el mantenimiento deben incluir dentro de sus programas formación el tema de aplicación de la Hoja de Trabajo RCM con el fin de divulgar en el medio comercial e industrial un sistema que ofrece ventajas económicas y prácticas.
- b. Iniciar en Praxair Costa Rica un proceso de documentación adecuado de manuales a partir de proveedores y fabricantes con la finalidad de respaldar adecuadamente las tareas y actividades del mantenimiento por desarrollar, para evitar el empirismo y la omisión.
- c. El Departamento de Mantenimiento debe propiciar un ambiente de comunicación y coordinación con el Departamento de Producción para el cumplimiento de los objetivos del Programa de Mantenimiento Preventivo. Esto mediante reuniones esporádicas y programación conjunta de actividades.
- d. Como una medida importante para propiciar el cambio y el mejoramiento continuo el Departamento de Mantenimiento debe integrar en sus actividades los índices de medición propuestos. Esto le permitirá establecer metas mensuales y anuales de cumplimiento para medir la efectividad de las actividades que realiza en cada periodo.

## CAPÍTULO 4

### DISEÑO DE BASE DE DATOS EMPLEANDO EL PROGRAMA MICROSOFT ACCESS 2000 PARA DOCUMENTAR LA INFORMACIÓN Y OBTENER ÍNDICES DE MEDICIÓN

#### 4.1 Objetivos Específicos

- a. Desarrollar una base de datos que permita obtener información en una forma expedita y eficiente para el Departamento de Mantenimiento.
- b. Integrar la información de los costos de los repuestos junto con las órdenes de trabajo para estimar las inversiones específicas en cada máquina.
- c. Elaborar informes o consultas que den al usuario información resumida en forma impresa para la práctica diaria de las actividades del mantenimiento.
- d. Facilitar al Departamento de Mantenimiento dar seguimiento a la propuesta mostrada en el Capítulo 3 del presente informe.
- e. Demostrar las habilidades académicas obtenidas en la rama correspondiente para realizar una base de datos sencilla, completa y eficaz.

#### 4.2 Metodología Utilizada

El método usado para elaborar la base de datos consistió en la siguiente secuencia de actividades:

- a. Determinar a partir de la información obtenida de los formularios en el papel, las tablas de la base de datos.
- b. Al obtener las tablas correspondientes, elaborar los formularios derivados de las mismas, involucrando comandos de cuadros combinados, cuadros de texto y selección.

- c. Detallar en cada formulario información iconográfica para facilitar las siguientes operaciones: Borrar Registros, Salir del Formulario y Buscar un Registro.
- d. Incorporar información estética tales como imágenes y textos informativos.
- e. Determinar qué consultas son necesarias para obtener información filtrada específica por máquina o frecuencia.
- f. Elaborar a partir de las tablas, formularios y consultas los informes que permitan al usuario identificar la información específica y poder imprimirla.
- g. Incorporar información de bases de datos anteriores o importar información de MS Excel para alimentar la base de datos y poder realizar pruebas.
- h. Elaborar finalmente un Panel de Control Principal en el que se pueda interactuar en un solo punto sin tener que circular entre ventanas para obtener la información.

#### **4.3 Requerimientos Generales para la Base de Datos**

La base de datos está constituida por cuatro grupos de información que son:

- a. Actualizaciones Generales.
- b. Control del Mantenimiento.
- c. Control de Repuestos y Requisiciones.
- d. Informes relacionados con el PMP.

Cada uno de los anteriores grupos forma un conjunto de formularios por medio de los cuales el usuario retroalimenta e interactúa con la base de datos y obtiene información. En las siguientes secciones se irá detallando la información contenida en cada grupo, pues los grupos anteriores constituyen las hojas principales contenidas en el Panel de Control Principal tal y como se detalla en la Figura 4.1 adjunta:

Figura 4.1 Vista de Pantalla del Panel de Control Principal



Fuente: Base de Datos Control del Mantenimiento

Image Document Writer, 2003

#### 4.3.1 Actualizaciones Generales

En este Grupo están contenidos los formularios que permiten introducir información relacionada con datos generales aplicables a través de cuadros combinados con los formularios más importantes de la base de datos. Resume información del personal involucrado y datos adicionales que pueden ser necesarios modificar o actualizar.

En la Figura 4.2 se muestra una vista de esta hoja del panel principal:

Figura 4.2 Vista de Pantalla de Hoja Actualizaciones Generales



Fuente: Base de Datos Control del Mantenimiento

Image Document Writer, 2003

#### 4.3.2 Control de Mantenimiento

En esta hoja se muestran dos tipos de formularios, uno para ver información actual relacionada con inspecciones y con historial de las máquinas en su contexto actual. Los otros dos formularios se les ha llamado históricos ya que la información contenida refleja datos de programaciones e historiales previos a esta base de datos que se venían utilizando.

Una de las razones por lo que se subdivide en contexto actual e histórico es porque se complica enormemente el trabajo debido a que los datos no tienen una concordancia adecuada para integrarlos en uno solo.

En la Figura 4.3 se muestra la vista de pantalla de esta hoja del Panel Principal de Control:

Figura 4.3 Vista de Pantalla de Hoja Control del Mantenimiento



Fuente: Base de Datos Control del Mantenimiento

Image Document Writer, 2003

#### 4.3.3 Control de Repuestos y Requisiciones

Otra de las hojas importantes de la Base de Datos la constituye el Control de Repuestos y Requisiciones. En ella se documenta lo relacionado con existencias en bodega a través del formulario “Repuestos en Bodega” y se documenta también las salidas de bodega a través del formulario “Requisiciones a Bodega”. Esto permite al usuario determinar o centralizar costos por máquina y determinar si en la bodega se cuenta con los repuestos necesarios para realizar una determinada inspección.

En la Figura 4.4 se muestra el resultado en pantalla de la Hoja de Base de Datos “Control de Repuestos y Requisiciones:

Figura 4.4 Vista de Pantalla de Hoja Control de Repuestos y Requisiciones



Fuente: Base de Datos Control del Mantenimiento

Image Document Writer, 2003

#### 4.3.4 Informes relacionados con el PMP

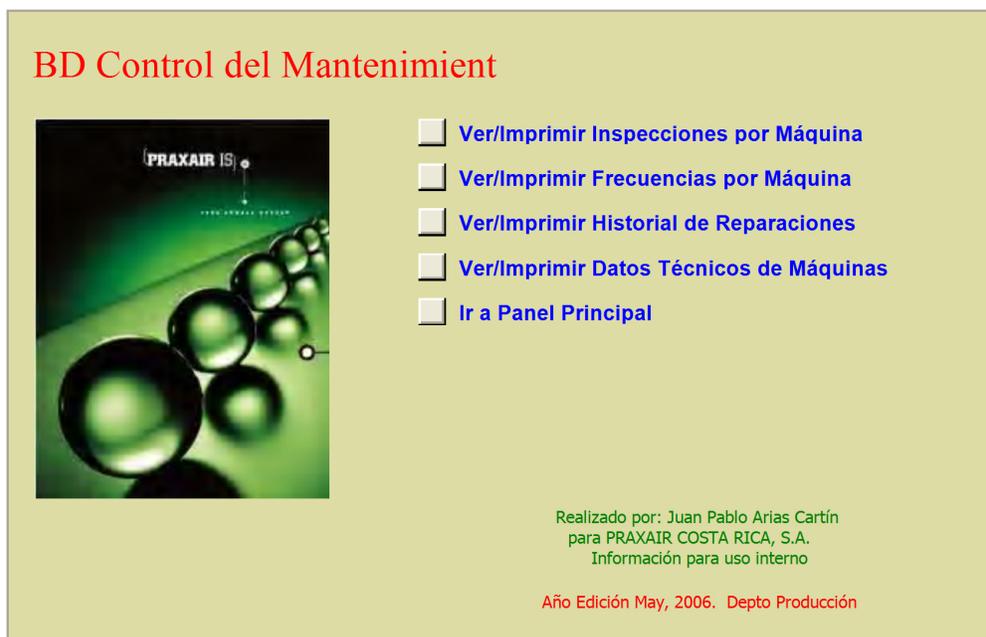
Esta es quizás una de las secciones más importantes de la base de datos, pues luego de ser alimentada a través de los formularios, esta hoja del Panel de Control Principal permite obtener información impresa en pantalla o en el papel para ver datos relacionados con:

- a. Inspecciones por Máquina, donde se resumen las inspecciones asignadas a una máquina.
- b. Frecuencias por Máquina con el fin de a la hora de revisar el Gantt Anual se identifique la semana correspondiente de la frecuencia y pueda ser impresa para que el ejecutor no tenga más que llevar consigo esta hoja.

- c. Historial de Reparaciones donde se obtiene un informe con las reparaciones realizadas a un equipo desde que se inició el registro en la base de datos.
- d. Datos técnicos de máquinas donde se resume la información más relevante del listado de máquinas.

En la Figura 4.5 se muestra la vista en pantalla de la hoja de visualización de informes:

Figura 4.5 Vista de Pantalla de la Hoja de Informes relacionados con el PMP



Fuente: Base de Datos Control del Mantenimiento

Image Document Writer, 2003

#### **4.4 Interacción con Excel para la Obtención de Índices de Medición**

Otra ventaja del programa Microsoft Access es el tener una plataforma en Visual Basic, por lo que es totalmente compatible con el programa Microsoft Excel, por lo que su información se puede extraer al exportarla a MS Excel y poder analizar los datos o valores obtenidos con el fin de poner en práctica los índices comentados en la Sección 3.19 del Capítulo 3 del presente informe.

Por último el software también tiene mucha facilidad de manejo. Esto es importante porque con una corta capacitación el personal puede realizar mejoras al programa sin tener que hacer inversiones extraordinarias en los servicios de terceros.

Si se ha de reconocer que esta base de datos dista mucho de ser una base de datos profesional, pero su constitución básica y la forma interactiva con la que se ha querido presentar facilitan la labor de programación del mantenimiento y su seguimiento.

## CONCLUSIONES

- a. Microsoft Access es un programa básico de base de datos que se adapta fácilmente a las tareas que requiere desarrollar un Departamento de Mantenimiento para el control y seguimiento de un programa de mantenimiento.
- b. La base de datos es una herramienta eficaz, si se mantiene constantemente actualizada por lo que el interés creado en el personal involucrado y la designación de responsabilidades en su manejo es un factor clave para su éxito.
- c. Un factor crítico para hacer que la base de datos sea útil y práctica comienza con el bosquejo de las tablas y los documentos que permitirán su retroalimentación.
- d. El programa de base de datos que normalmente se puede desarrollar como ingeniero de mantenimiento industrial es bastante limitado, por lo que para desarrollar funciones y eventos complejos dentro de la base se debe cubrir con una capacitación de un proveedor especializado en la materia.

## RECOMENDACIONES

- a. El personal que se involucre en el manejo de la base de datos se debe capacitar con un programa básico de formación para facilitarle la comprensión y que pueda aplicar mejora continua a la base misma para que se adapte aún más y mejor al servicio del Departamento de Mantenimiento.
- b. La base de datos presentada en este informe es relativamente básica, por lo que si se desea cubrir más aspectos y tener una base más extensa de información y manejo de datos se tienen dos opciones: Capacitar al personal en un curso avanzado al respecto o contratar servicios externos.
- c. Cuando se elabore una base de datos se debe iniciar siempre por las tablas, diseñando luego los formularios, después las consultas y por último los informes. Los complementos de la misma, tal como el panel de control se debe elaborar hasta que todo lo anterior se tenga listo y probado.
- d. La base de datos con Microsoft Access ofrece recursos de seguridad, por lo que si se quiere para proteger la información contra personas inescrupulosas se puede restringir su acceso con clave de acceso y otras variables de privilegios para los usuarios.

## CAPÍTULO 5

### DISEÑO DE UN SISTEMA DE GAS LP DE AUTOCONSUMO PARA LOS VEHÍCULOS DE LA EMPRESA QUE SE ADAPTEN A ESTE MEDIO DE PROPULSIÓN.

#### 5.1 Introducción

El uso de los combustibles alternativos se está convirtiendo en la tónica del nuevo milenio debido a la inestabilidad de los precios del petróleo generados por el agotamiento de las reservas mundiales, un crecimiento estático de la industria explotadora del petróleo, guerras en los países productores y otros que se suman para crear un ambiente de incertidumbre en el medio económico que han disparado los precios del barril de crudo a precios un treinta por ciento más altos que los que se tenían hace dos o tres años.

Por tal motivo la preocupación de los gobiernos, especialmente los no productores, ha llevado a la búsqueda de políticas que incentiven o estimulen el crecimiento en el uso de fuentes alternas de combustible que alivien la presión económica que sufren el Estado, el sector industrial y comercial, así como sus ciudadanos.

Una de estas fuentes es el Gas Licuado de Petróleo, el cual por sus propiedades y modo de producción es mucho más económico que el litro de gasolina, inclusive que el litro de diesel, lo cual lo vuelve un atractivo económico, especialmente para el sector transporte.

Praxair Costa Rica siempre ha mostrado interés por implementar la mejora continua en sus actividades, reduciendo costos y vigilando sus acciones en pro del ambiente, razón por la cual busca una propuesta que le garantice un ahorro

significativo en el consumo de combustible, a la vez que menos contaminante, de sus vehículos livianos de uso utilitario.

A continuación el desarrollo de una propuesta: su diseño y viabilidad.

## **5.2 Objetivos**

### **5.2.1 Objetivo General**

Diseñar y Elaborar de acuerdo con la normativa nacional, un Conjunto de Planos Mecánicos y Eléctricos para la implantación de un Sistema de Autoconsumo de Gas LP en la empresa PRAXAIR COSTA RICA, S.A.

### **5.2.2 Objetivos Específicos**

- Diseñar en concordancia con las normas NFPA 58 y el Decreto 30131-S-MINAE un proyecto de autoconsumo de Gas LP eficiente y de bajo costo.
- Diseñar el sistema eléctrico del sistema de autoconsumo de Gas LP basado en el estándar NFPA 70 y Código Eléctrico de Costa Rica.
- Elaborar los procedimientos de operación en forma segura y económica para el llenado y trasiego de Gas LP tanto al tanque de almacenamiento como al tanque de combustible de los vehículos que cuenten con el sistema de conversión de Gas LP de PRAXAIR COSTA RICA.
- Elaborar los planos de diseño, mecánicos y eléctricos para ser presentados ante la entidad respectiva con la finalidad de que la empresa PRAXAIR COSTA RICA tramite los permisos respectivos para su instalación.
- Determinar la viabilidad económica del proyecto de Gas LP con el fin de tomar las decisiones propicias para realizar una eventual inversión.

### 5.3 Marco Teórico

El Gas Licuado de Petróleo, Gas LP o GLP está definido por la norma NFPA 58 como sigue:

*“Cualquier material que presente presión de vapor no mayor que la permitida para el propano comercial, compuesto predominantemente de los siguientes hidrocarburos, solos o como mezclas: propano, propileno, butano (butano normal o iso butano) y butilenos”<sup>2</sup>*

De lo anterior se desprende que el Gas LP es un compuesto de hidrocarburos que normalmente y a temperatura ambiente se encuentran en estado gaseoso. Dichos hidrocarburos se obtienen de la destilación del petróleo a través de una torre de destilación (Conocida como Torre Bessel) por separación de densidades. Esto mediante una fuente de calor.

Al mismo tiempo este derivado del petróleo es una sustancia en estado gaseoso a temperatura ambiente, no tiene olor, color ni sabor. Es altamente inflamable y tiene un peso específico aproximadamente un 50% menor que el del agua. (Ver Apéndice 5.A)

En nuestro medio el Gas LP ha sido utilizado como fuente de combustible en el uso de quemadores, calentadores de agua y hornos industriales. El uso en el sector automotriz se inició internacional en el principio de los años 60, experimentando su uso países tales como Estados Unidos de América, México y Argentina. También países europeos como Italia, Francia y España.

---

<sup>2</sup> Norma NFPA 58, Sección.1-6 Definiciones, Glosario y Abreviaturas, Pág. 58-9.

Con la crisis de los años 80 el Gas LP se empezó a emplear con más fuerza por la industria automotriz como medio de propulsión, tanto en forma única como en forma híbrida.<sup>3</sup>

A mediados de los años 80 se empezó a utilizar en Costa Rica como una fuente alternativa de combustible para la conversión de vehículos que originalmente se propulsan a Gasolina. Razón por lo que a partir de los años 90, diversos talleres automotrices empiezan a comercializar y utilizar estos equipos sustentados por las experiencias de diversos sectores, especialmente el gremio de taxistas y el gremio de los agricultores.

En los inicios del nuevo milenio el Gobierno de Costa Rica comienza a promover el uso de este y otros combustibles alternativos ofreciendo leyes que exoneren los vehículos en la modalidad de taxi para que empleen el Gas LP, la electricidad y otras fuentes para su propulsión. Es así como impulsa también nuevas leyes tendientes a regular la generación de proyectos con Gas LP en estaciones de servicio y en el sector industrial.

Más recientemente la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) regula el precio del Gas LP, argumentando el crecimiento de la demanda en un 70% en los últimos dos años. Por lo que el interés del público en general es evidente por los ahorros significativos ante la diferencia de precios entre los distintos tipos de combustibles.

#### **5.4 Metodología Utilizada**

En las siguientes secciones se sigue un orden paulatino empezado por la revisión de las normas que lo rigen. En especial se adopta la norma NFPA 58 como

---

<sup>3</sup> Híbrido: Vehículo que puede ser propulsado utilizando uno o ambos combustibles. En este caso Gas LP y Gasolina.



un instrumento fundamental de diseño en vista del poco marco de leyes nacionales que existe al respecto en lo que concierne al sector del Gas LP.

Posteriormente se inicia el diseño con el volumen del tanque de almacenamiento, el cual es el criterio sobre el cual se basan los reglamentos y normas, ya que es la zona o fuente de mayor impacto en lo que a riesgos para la salud y la seguridad se refiere. Esto para efectos de cualquier proyecto que involucre Gas LP.

En el desarrollo de cada ítem: Tanque de almacenamiento, bomba de trasiego, medidor de flujo, tuberías y accesorios; se siguen un orden basado primero en sus condiciones generales para ser seleccionado según la norma y luego la aplicación de criterios para efectos de su diseño, instalación, ubicación y servicio.

Con las secciones anteriores desarrolladas se pasa a un diseño básico de obra civil, el cual no es objeto de este informe, pero a través de un consultor civil se han buscado los criterios básicos para diseñar las losas y las bases del tanque con la finalidad de obtener sus costos de realización.

Una vez con los elementos ubicados y diseñados, y con la obra civil completa se pasa al diseño eléctrico siguiendo los criterios recomendados por las normas involucradas, especialmente la Norma NFPA 70 Código Nacional Eléctrico.

Seguidamente se procede a diseñar los elementos relacionados con la seguridad: Rotulación general y Sistema contra Incendios. En el caso del sistema contra incendios, este se limita a un sistema de extintor, tal como se apreciará en la sección correspondiente.

Con la información previamente obtenida se elaboran los procedimientos básicos para la operación y manipulación del sistema de Gas LP y al mismo tiempo se elaboran los planos tanto eléctricos como mecánicos.

Una vez que se han obtenido los planos y la información de la obra civil se procede a cotizar los materiales para lo cual se presentarán las listas básicas generales estimadas con la finalidad de que el proveedor de los materiales aporte un valor exacto de sus cotizaciones.

Al obtener los costos de instalación del Sistema de Gas LP de autoconsumo se procede a determinar los equipos de conversión de Gas LP que sean los más adecuados para la flota de vehículos que se adaptarán para así obtener sus precios con instalación incluida.

Por último con los costos estimados, se procede a determinar la tasa de retorno del proyecto en el tiempo para así obtener la rentabilidad esperada y así finalmente como en los capítulos anteriores de la propuesta global de este informe, se cierra este capítulo con sus respectivas recomendaciones y conclusiones.

### **5.5 Revisión de las Normas NFPA 58 y el Decreto 30131-S-MINAE sobre Sistemas de Autoconsumo e Instalaciones de Gas Licuado de Petróleo.**

La revisión de las normas se ha efectuado con la finalidad de verificar el estricto apego de su cumplimiento basado en las características del sistema que se pretende proponer por lo que a continuación se citan los capítulos y secciones de las normas aplicables involucradas para tal efecto:

- **Norma NFPA 58 Código del Gas Licuado de Petróleo (Gas LP)**
  - Capítulo 2. Equipos y aparatos para Gas LP.
    - Sección. 2-2 Recipientes
    - Sección. 2-3 Accesorios

- Sección. 2-4 Cañerías (Incluidas mangueras), accesorios y válvulas.
- Sección. 2-5 Equipo
  
- Capítulo 3. Instalación de Sistemas de Gas LP
  - Sección. 3-1 Generalidades
  - Sección. 3-2 Requisitos Generales
  - Sección. 3-7 Control de Fuentes de Ignición
  - Sección. 3-9 Surtidores de Combustible
  - Sección. 3-10 Protección contra incendios
  
- Capítulo 4. Transferencia del Gas LP Líquido
  - Sección. 4-1 Alcance
  - Sección. 4-2 Seguridad Operativa
  - Sección. 4-3 Venteo a la Atmósfera del Gas LP
  - Sección. 4-4 Cantidad de Gas LP en los recipientes
  
- Capítulo 8. Sistemas de Combustible para motores
  - Sección. 8-1 Aplicación
  - Sección. 8-2 Motores de Vehículos para usos generales que funcionan con Gas LP
  
- **Decreto 30131-S-MINAE. Reglamento para la Regulación del Sistema de Almacenamiento y Comercialización de Hidrocarburos. (Publicado en el Diario Oficial La Gaceta No.43 del 2 de marzo de 2001)**
  - Capítulo I. Requisitos
  - Capítulo II. Especificaciones Técnicas
  - Capítulo VII. Medidas de Operación y Seguridad

- Capítulo IX. Especificaciones Técnicas para Proyecto y Construcción de Estaciones de Servicio Mixtas <sup>4</sup>

## 5.6 Tanque de almacenamiento

Toda la Sección. 5.5 de este informe, relacionada con las normas de referencia para la construcción de sistemas de Gas LP, emplea como criterio de diseño para cada una de sus secciones el volumen en litros (Galones) de agua del tanque de almacenamiento.

Otras premisas que se han considerado son las siguientes:

- Rotación mínima del tanque de almacenamiento: Una vez al mes.<sup>5</sup>
- Volumen óptimo para aplicar al diseño distancias más cortas entre los diversos puntos de resguardo o restricción.
- Tamaño óptimo del tanque de almacenamiento con la finalidad de mantener un inventario de Gas LP eficiente.

### 5.6.1 Cálculo del Volumen del Tanque

Los datos presentados en el Cuadro 5.1 se han obtenido del Cuadro No.5B.1, en el Apéndice 5.B de este informe, bajo el criterio real de que los vehículos livianos empleados por la flotilla de utilitarios de la empresa GAS NACIONAL ZETA, S.A. son similares a los que emplea PRAXAIR COSTA RICA, S.A.

---

<sup>4</sup> Cabe destacar que este Decreto no puntualiza el tema sobre los Sistemas de Autoconsumo con Gas LP, pero en la **Sec.59.2** regula las distancias de los Autoconsumo, por lo que se considera esta información como la requerida para efectos del diseño del Sistema de Gas LP objeto de este informe.

<sup>5</sup> Según la información contractual aportada por el Ing. Angelo Santamaría de la Empresa Gas Nacional Zeta, S.A. la rotación del tanque debe ser de por lo menos una vez al mes.

Cuadro 5.1 Datos para Cálculo del Volumen del Tanque

Descripción	Valor	Unidades
Rendimiento del vehículo usando Gas LP	7,41	Km/litro
Rendimiento de un tanque de Gas LP de 50 litros	364,53	Km
Kilometraje Mensual para un Vehículo de Praxair CR	3000	Km

Fuente: Gas Nacional Zeta, S.A. Depto. Transportes

MS Word, 97

Primero se deducen los litros que un vehículo consumirá mensualmente:

$$2100Km / 7,41Km / Litro = 283,40Litros$$

Luego se determina con la cantidad de vehículos el volumen mínimo necesario para suplir los vehículos en un mes:

$$283,40Litros * 10Vehículos = 2834Litros$$

Se aplica un margen de seguridad del 10% por ampliación futura y tomando en consideración que la empresa Praxair Costa Rica se ubica en un punto estratégico. Esto en caso de que la demanda de Gas LP por incremento de kilometrajes o ampliación de flota se incremente significativamente:

$$2834Litros * 1.1 = 3117Litros$$

Se incorpora un factor de rotación del tanque de almacenamiento de dos veces mensuales con el fin de garantizar la recomendación contractual del proveedor:

$$3117Litros / 2 = 1558,7Litros$$

Por lo tanto el volumen del tanque para fines de este proyecto será de:

1850 *Litros* (500 Galones Nominales)

### **5.6.2 Diseño del Tanque de Almacenamiento**

El tanque de almacenamiento deberá apegarse a las normas de construcción de recipientes ASME basados en la Sección. 2-2 de la Norma NFPA 58.

Otros de los aspectos que deben considerarse para cumplir la norma basados en el tamaño que se ha estimado para el recipiente de este proyecto son las siguientes:

- Contar con sus respectivas agarraderas para efectos del montaje.
- Contar con sus apoyos en la parte inferior con el fin de separar la base de montaje de la superficie del tanque.
- El tanque llevará todas las marcas recomendadas en la Sección. 2-2.6 de la Norma NFPA 58.
- Contar con una banqueta o casquete para proteger las válvulas y accesorios que van en el lomo del tanque. (Sección Superior)
- Las válvulas de alivio irán conectadas al espacio vapor y se seguirá lo recomendado en las Sección. 2-3.1.4 y 2-3.2.3. en la NFPA 58. Al mismo tiempo estas válvulas deberán estar en su punto más alto.
- Todas las entradas y salidas que correspondan a tuberías o secciones taponadas del tanque llevarán válvulas de exceso de flujo.
- Cada salida o entrada que lleve una válvula de exceso de flujo, contará con una válvula de corte manual.
- Donde existan medios-coples para efectos de drenaje del tanque, el mismo deberá contar con una válvula de exceso de flujo, una válvula de corte manual y un tapón.
- Deberá estar pintado adecuadamente e identificado correctamente con los números telefónicos del proveedor para casos de emergencia.

### 5.6.2.1 Presión de Diseño

La presión de diseño está definida en la Sección 2-2.2.3 (b) de la Norma NFPA 58 que a continuación se transcribe:

*“La presión de diseño (Ver tabla 2-2.2.2) deberá interpretarse como la presión de diseño en la cabeza superior, teniendo en cuenta las tolerancias para los incrementos de presión de las secciones más bajas del cilindro y la pared inferior debidos a la presión estática del producto”*

De aquí se desprende siguiendo la Tabla 2-2.2.2 que la presión de vapor para el propano, según el *Manual Técnico del Instalador del Fabricante Rego®* - que es la parte de la mezcla del Gas LP con mayor presión de vapor - que su presión a 32°C es de 11,37 Bar g (165 Psig) por lo que la presión de diseño del tanque deberá ser de **1,5 MPa (219 Psi)**.

Para efectos del Decreto 30131 en el Art. 57.5 la presión de diseño del tanque de almacenamiento deberá ser de **1,76 MPa a 55 °C**. Como esta presión es superior a la considerada a través de la Norma NFPA 58, esta será la recomendada.

### 5.6.3 Accesorios del Tanque de Almacenamiento

El tanque para efectos de cumplimiento de la *Sección 2-3 Accesorios del Recipiente* de la Norma NFPA 58 contará como mínimo los siguientes accesorios:

- Un dispositivo para medir el nivel de líquido en el tanque. El mismo debe cumplir los requerimientos establecidos Sección 2-3.4.1 de la norma NFPA 58.
- Una válvula de llenado de no retroceso doble.
- Válvula de exceso de flujo de extracción de líquido comandada.

- 2 Válvulas de Alivio de Presión Externa y por lo menos una de tipo interno.  
Estas válvulas deben ser de resorte cargado y cumplir con la norma UL 132.

Los accesorios anteriormente citados deben soportar por lo menos 1,7 MPa (250 Psi) en concordancia con la Sección. 2-3.1.3.

### 5.6.3.1 Capacidad de Flujo de las Válvulas de Alivio

En concordancia con la Sección. 2-3.2.4 de la norma NFPA 58 las válvulas de alivio tendrán una capacidad de flujo relativa a la superficie del tanque y se puede aplicar por dos métodos: Uno el de fórmula en la Sección. 2-3.2.4(a) y el otro mediante la Tabla 2-3.2.4 ambos contenidos en la Norma NFPA 58. Por aspectos prácticos se aplicará el método de la tabla.

A continuación el cálculo del área superficial del tanque:

Área de Parte Cilíndrica del Tanque:

$$A_c = 2 * \pi * r * h$$

$$A_c = 2 * \pi * 0,305 * 1,178 = 2,257 m^2$$

Área de Partes Esféricas (Se considera como una esfera perfecta)

$$A_s = 4 * \pi * r^2$$

$$A_s = 4 * \pi * 0.305^2 = 1,169 m^2$$

Área Total Superficial del Tanque de Almacenamiento:

$$A_t = A_c + A_s = 3,43 m^2$$

$$A_t = 3,43 m^2 = 36,92 ft^2 \approx 37 ft^2$$

Por lo tanto siguiendo la Tabla referida anteriormente se toma el valor inmediatamente superior y es la tasa de flujo recomendada para las válvulas de alivio del tanque de:

**31.15 m<sup>3</sup>/min (1100 ft<sup>3</sup>/min de aire)**

Al revisar el *Catálogo REGO* del fabricante de válvulas de alivio de presión externas, se obtiene el siguiente modelo: **3131G**.<sup>6</sup> (Ver Apéndice 5.C)

Esta válvula puede liberar 1939 ft<sup>3</sup>/min de aire y es importante destacar que normalmente el tanque concedido por el proveedor en calidad de préstamo las trae implícitamente.

#### **5.6.4 Ubicación e Instalación del Tanque de Almacenamiento**

En cumplimiento de lo recomendado en las normas que atañen al proyecto se tomarán en consideración las siguientes recomendaciones para la instalación del tanque de almacenamiento:

- En los alrededores del tanque de almacenamiento en un radio horizontal de 3 metros no se almacenarán combustibles, malezas o pastos altos secos.
- El tanque deberá estar debidamente anclado para evitar un deslizamiento por sismos, vientos o inundación.
- Los cimientos sobre los que se monte el tanque deben ser de hormigón (Concreto de Alta Resistencia)
- El tanque deberá quedar aterrizado. (Se recomienda un cable 4 AWG de cobre desnudo)
- El tanque deberá estar una altura mínima de un metro y no mayor de 1.5 m de la cara paralela al piso, por lo recomendado en ambas normas. En apego al Decreto 30131, estará a un metro de altura.

---

<sup>6</sup> Catálogo L-102-SV. Productos REGO. Equipos de Gas LP y Amoniaco Anhidro. Pág. 43

- Contará con respectiva escalerilla de observación y será de materiales incombustibles.
- Contará además con una malla alrededor del tanque para restringir el acceso no autorizado.
- El tanque llevará una losa en concreto y se tomarán precauciones adicionales en caso de exposición al flujo vehicular.

### **5.7 Ubicación del Proyecto**

El proyecto para ser ubicado debe fundamentarse en concordancia con la norma oficial, referida a la *Tabla 59.2 del Decreto 30131-S-MINAE*. En el Apéndice 5.D se extrae la información que se requerirá al efecto para la ubicación de proyectos de autoconsumo con Gas LP. Al mismo tiempo se adjunta en este mismo apéndice una figura extraída de la norma NFPA 58 en la que se destaca gráficamente las distancias mínimas recomendadas en la Sección 3.2 de dicha norma.

En la el Apéndice 5.E se muestra la ubicación exacta al usar para ello el programa AUTOCAD Versión 2000.

Al mismo tiempo como premisas para una ubicación económica y adecuada se han tomado en cuenta los siguientes aspectos:

- Se aprovechan los recursos preexistentes en la localidad donde ya se cuenta con un dispensador de diesel para la maquinaria pesada con su respectivo cobertizo.
- Se aprovecha la losa de aparcamiento de vehículos pesados en el llenado de los eventuales vehículos a Gas LP para garantizar la recolección de aceites y otros desechos típicos de los vehículos, los cuales regularmente son contaminantes.



- Se concentran las actividades de llenado de combustibles en una misma zona, garantizándose el distanciamiento adecuado a otras fuentes citadas por la norma.

El lugar de ubicación por lo tanto se muestra cercano al dispensador de combustible diesel que se encuentra actualmente operando en la planta. En las figuras fotográficas adjuntas se muestra el eventual punto de ubicación:

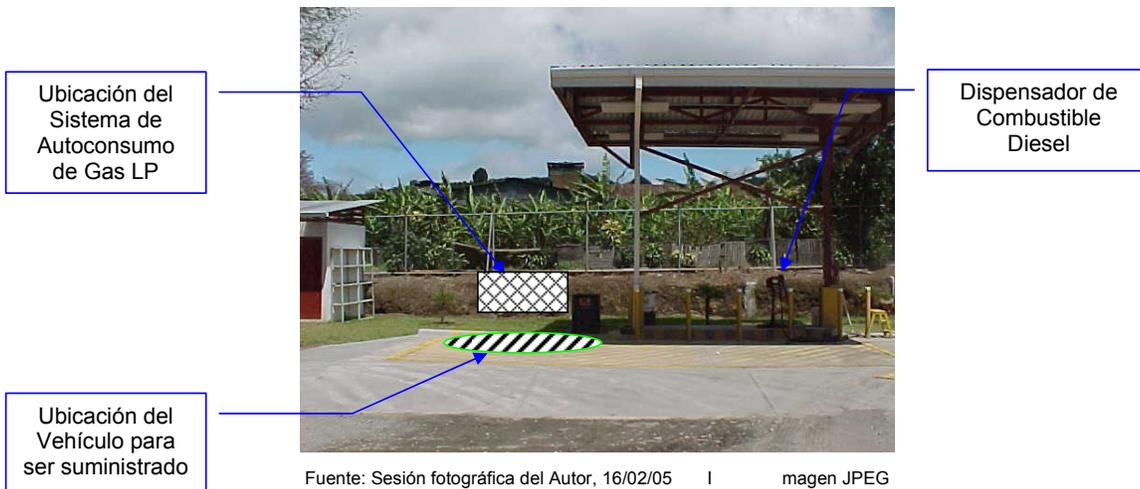
Figura 5.1 Vista Panorámica Surtidor de Diesel y Cobertizo



Fuente: Sesión fotográfica del Autor, 16/02/05

Imagen JPEG

Figura 5.2 Vista frontal Surtidor de Diesel y Cobertizo



Ubicación del Sistema de Autoconsumo de Gas LP

Dispensador de Combustible Diesel

Ubicación del Vehículo para ser suministrado

Fuente: Sesión fotográfica del Autor, 16/02/05

Imagen JPEG

Figura 5.3 Ubicación del Tanque de Almacenamiento

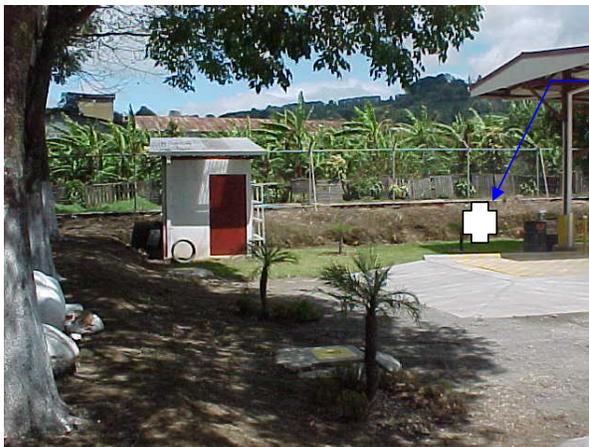
Ubicación del  
Tanque de  
Almacenamiento  
de 500 Galones



Fuente: Sesión fotográfica del Autor, 16/02/05

Imagen JPEG

Figura 5.4 Ubicación del Cuerpo de Medición



Ubicación del  
Medidor de Flujo

Fuente: Sesión fotográfica del Autor, 16/02/05

Imagen JPEG

## 5.8 Selección del Medidor de Flujo Líquido

Con la finalidad de estandarizar el uso de equipos de marcas comerciales en la industria del Gas LP se empleará para efectos de este proyecto un medidor de flujo de la marca NEPTUNE<sup>7</sup>, el cual es el más comúnmente empleado por los fabricantes de surtidores para Gas LP.

No se empleará un dispensador o surtidor como tal, ya que los costos de un surtidor de Gas LP en el mercado son muy altos, alrededor de los \$8000 dólares USA como mínimo<sup>8</sup>. Uno de los factores principales de su alto costo es que estos deben ser importados, ya que los únicos que se tiene en el país son representantes de casas extranjeras y no fabricantes nacionales. El proveedor más común es en este caso Estados Unidos de América.

Al mismo tiempo otras premisas que se consideran para seleccionar el medidor adecuado entre las opciones del fabricante son:

- No se requiere una medida totalmente exacta, por lo que se obtendrá un medidor sin compensación de temperatura. Esto ya que la localidad donde se ubica el medidor tiene una temperatura muy cercana al punto estándar (15 °C [60 °F])
- No se requiere sistema de facturación ya que no es venta comercial al público.

En la *Hoja Técnica TS-285\_CX* contenida en el Apéndice 5.F se resumen las características de los equipos de medición. Para los efectos de este proyecto se recomendará el medidor que a continuación se detalla:

### **1" 4D-MD with 600 Series Register**

<sup>7</sup> Datos aportados por el Ing. Angelo Santamaría de la empresa Gas Nacional Zeta, S.A.

<sup>8</sup> Dato aportado por el Ing. Angelo Santamaría de la empresa Gas Nacional Zeta, S.A.

### 5.8.1 Instalación del Medidor de Flujo

Para efectos de instalación de surtidores, en este caso medidor de flujo, la misma está definida por la *Sección 3.9 Surtidores para combustibles de vehículos* se citan los aspectos básicos para la instalación de estos equipos, para lo cual se citan algunos de ellos:

- Irán montados de forma segura sobre un pedestal o plataforma adecuado con su respectiva base de concreto. También contará con una banqueta en su parte frontal con el fin de prevenir daños por un impacto vehicular o de índole similar.
- Deberá estar protegido contra el daño físico y la intemperie.
- El cuerpo del medidor no estará expuesto a esfuerzos por las tuberías de conexión.
- Deberá contar con una válvula de exceso de flujo en el punto de unión de la manguera y la tubería.
- Las tuberías y la manguera de despacho contarán con una válvula de alivio hidrostática. En el caso de este proyecto la pistola de llenado se seleccionará para que el dispositivo esté incorporado al efecto.
- Se dispondrá de una válvula de cierre manual entre la bomba y el medidor de flujo, con la finalidad de realizar operaciones de mantenimiento sin liberar grandes cantidades de gas que quede atrapado en las tuberías.
- Se instalará un dispositivo interruptor de corriente de emergencia en un punto estratégico y bien definido para detener la bomba en caso de una eventualidad inesperada.
- En la sección del medidor de flujo antes de ingresar se debe instalar una válvula manual con una válvula de alivio hidrostático.

### 5.8.2 Manguera del Sistema de Medición para llenado

Esta sección se propone en concordancia con la *Sección 3-9.4 Instalación de Surtidores de Combustible para Vehículos* y a continuación se citan los puntos más relevantes para efectos de la manguera que se debe utilizar:

- La manguera no será más larga de 5,5 m.
- La misma deberá contar con una válvula Pull-Away basada en la norma UL 567. Al revisar el catálogo del fabricante REGO® Engineered Controls International, Inc. La válvula recomendada es:

**Número de Parte: A2141A8<sup>9</sup>** (Ver Apéndice 5.C)

- La ubicación del medidor de flujo deberá a estar a 6 m en concordancia con lo recomendado en el Decreto 30131-S-MINAE.

La *Sección 2-4.6 Mangueras y Conectores Rápidos* de la norma NFPA 58 añade los siguientes aspectos:

- Las mangueras deben ser resistentes para uso en Gas LP y deben estar debidamente identificadas para tal efecto.
- Debe tener una presión de diseño de 2,4 MPa (350 Psi) y con un factor de seguridad de 5 a 1.

Así mismo el Decreto 30313-S-MINAE hace las siguientes indicaciones:

- La manguera deberá colocarse libre de dobleces.
- Se colocarán soportes para protegerlas contra daños mecánicos usuales e inusuales.

---

<sup>9</sup> Catálogo L-102-SV. Productos REGO. Equipos de Gas LP y Amoniacó Anhidro. Pág. 85.

## 5.9 Selección de la Bomba de Trasiego de Gas LP

Basados en la misma premisa citada en el primer párrafo de la Sección 5.8 de este informe se empleará una bomba de la marca Corken, fabricante norteamericano de uso más común en equipos de trasiego con Gas LP tanto para compresores como para bombas.

La bomba recomendada por el fabricante Corken - basados en las especificaciones de operación para el medidor de flujo de Gas LP que se empleará en el proyecto de autoconsumo con referencia a la Hoja Técnica TS-285\_CX - debe ser capaz de manejar un flujo mínimo de 11 Litros por minuto a 1.1 Bar y un flujo máximo de 68 litros por minuto a 24 Bar.

De este aspecto se tienen tres opciones de modelos contenidas en el *Manual de Instalación Operación y Mantenimiento IF101J de bombas Coro-Flow Pumps* de Corken (Ver Apéndice 5.G), los cuales se citan a continuación:

- ✓ Modelo C
- ✓ Modelo DS-/DL
- ✓ Modelo F

En cualquiera de los modelos anteriores se puede obtener un modelo que se adapte a las condiciones para operar en el sistema que se pretende diseñar, sin embargo buscando la bomba más apropiada; el modelo C por sus características es el más indicado por las siguientes razones:

- Motor eléctrico directamente acoplado. Esto permite un montaje sencillo y eficiente.
- Motor eléctrico es a prueba de explosión, Clase I, Grupo D y listado por Underwriters Laboratories, Inc. En cumplimiento de la Norma NFPA 70.

- Motor eléctrico es monofásico, lo que le permite operar a 120/240 Voltios y 60 Hz, por lo que lo hace un modelo versátil y más económico en su instalación eléctrica.
- Al mismo tiempo este tipo de modelo de bomba viene prevista con un interruptor a prueba de explosión en cumplimiento de la Sección. 501.5.a.1 de la norma NFPA 70 y la Sección. 2-5 de la norma NFPA 58.

Al mismo tiempo dentro de los modelos C presentados por el fabricante se cuenta con dos opciones que pueden ser: La bomba Modelo C10 o Modelo C12. A continuación en el Cuadro 5.3 se lleva a cabo un estudio comparativo de ambas bombas para determinar en última instancia cuál es la más apropiada entre ambas:

Cuadro No.5.2 Comparativo de características de bombas

Característica Comparativa	C10	C12
Capacidad de bombeo		
A 1.4 Bar Diferenciales	45.4 L/min	71.9 L/min
A 5.2 Bar Diferenciales	11.4 L/min	37.9 L/min
Tiempo Llenado Promedio	2 min	1 min
Potencia del Motor	0.56 Kw.	0.75 Kw.
Máxima Presión Diferencial	5.2 Bar	5.9 Bar
Entrada de Tubería	1 ¼"	1 ½"
Salida de Tubería	1"	1"
Peso (Kg)	35	39
Costo	X	+15%

Fuente: Manual bombas Coro-Flo® Pumps, Corken

MS Word, 97

Del cuadro anterior se desprenden las siguientes conclusiones:

- A una baja presión diferencial con el Modelo C12 se corre el riesgo de provocar un daño en le medidor de flujo, ya que su caudal máximo de diseño es de 68 Litros por minuto.

- Al ser la bomba Modelo C12 más potente, tendrá un mayor consumo de corriente eléctrica que a lo largo del tiempo implican mayores costos de operación.
- La tubería de succión en el modelo C10 es más económica ya que los costos de instalación son más bajos. En principio por tiempo de llenado es más rápida la C12, ya que aporta caudal a más alta velocidad, pero el tiempo de llenado a tan bajas razones de cambio no afecta los resultados del proyecto.
- La bomba Modelo C-10 es más liviana, esto colabora especialmente en los aspectos de instalación y mantenimiento.
- La bomba Modelo C-12 es más costosa.

Lo anterior permite concluir finalmente que la **bomba modelo C-10** es más propicia que la bomba C-12. En principio es verificable que la bomba C-12 es más apropiada en instalaciones donde el tanque se encuentra a una distancia razonable del punto de llenado, pero para efectos del diseño propuesto esta no es una condición que afecte la adecuada operación por la cercanía del tanque y el punto de llenado de vehículos.

#### **5.9.1 Aspectos del diseño de la bomba**

Por los aspectos citados en la *Sección 2-5 Equipos para Gas LP*, la bomba como mínimo deberá cumplir con las siguientes implicaciones:

- Una mayor presión de diseño que la del recipiente. Como mínimo 2,41 MPa (350 Psi)
- Sus partes y componentes deben estar definidos para ser resistentes a los efectos del Gas LP.
- En el caso de las partes metálicas estas deben ser de acero colado.
- Los motores deben tener arresta llama o contener un sistema de encendido a prueba de explosión. ("Explosion Proof")

## 5.9.2 Instalación de la bomba

A continuación se detallan los aspectos más relevantes para su instalación:

- La bomba irá montada sobre una base metálica previamente diseñada la cual protegerá a la base de la bomba para evitar su deterioro por humedad y corrosión.
- En cumplimiento de la *Sec. 3.2.15 Instalación del Equipo*, se deben evitar esfuerzos anormales sobre la carcasa. Contará con su respectivo By-Pass, el cual viene adjunto con la bomba y este descargará al tanque de almacenamiento en lado de vapor. (Por encima del tanque)
- La bomba irá montada sobre una losa pequeña de concreto para aislarla y propiciarle estabilidad durante su vida funcional. En primera instancia en el manual del fabricante *Manual de Instalación Operación y Mantenimiento IF101J de bombas Coro-Flo® Pumps* de Corken<sup>10</sup>, se obtienen excelentes recomendaciones para efectos de instalación de la bomba que deberán seguirse al pie de la letra.

## 5.10 Tuberías

### 5.10.1 Diseño y Selección de Tubería

Para los efectos del presente proyecto la tubería que se empleará será Tubería de **Hierro Negro Cédula 80 sin costura** bajo los siguientes argumentos:

- Son aceptadas y recomendadas por el Decreto 30131-S-MINAE ya que cumplen los requisitos citados en el Artículo 58.8, entre ellos:
  - La opción en el uso de tuberías roscadas por lo que se emplearán las mismas por facilidad de mantenimiento.
  - Presión de trabajo adecuada para el manejo de Gas LP en estado líquido. (5,86 MPa [850 Psi] para la más pequeña)<sup>11</sup>

<sup>10</sup> Ver catálogo adjunto en el **Apéndice 5.G** del presente informe.

<sup>11</sup> Catálogo 1999, No.4. Válvulas y Equipos. Tubería ASTM A53, Pág. 87 y subsiguientes.

- Son aceptadas por las normas NFPA 54 y NFPA 58 para el transporte de Gas LP en estado líquido siempre y cuando se apeguen a la norma ASTM A53.
- Son las que se ofrecen más comúnmente en el mercado nacional y las mismas están certificadas por el fabricante para uso en Gas LP.<sup>12</sup>
- Al mismo tiempo tienen un valor económico más bajo con relación a otros tipos de tuberías que se ofrecen en el mercado para el mismo fin.

En general las tuberías seguirán los diámetros recomendados por el fabricante en la página 6 del documento *Manual de Instalación Operación y Mantenimiento IF101J de bombas Coro-Flo® Pumps* de Corken. Así para efectos de la tubería de succión será de 31 mm ( 1 ¼ pulg) y la tubería de descarga en 25 mm (1 pulg). Esta página se adjunta en el Apéndice 5G del presente informe. Cabe destacar que en este mismo manual se adjuntan en sus páginas finales algunos detalles importantes para mejorar el trasiego en forma óptima y económica.

#### **5.10.2 Instalación de Tuberías**

En concordancia con la norma NFPA 58 y el Decreto 30131-S-MINAE, los siguientes son los aspectos relativos a la instalación de la tubería:

- Las mismas irán sobre piso terminado o canaletas o rejillas metálicas.
- Se usará soportería metálica correctamente asida al piso y que garantice la inflexión de la tubería. En las zonas de contacto la tubería estará protegida por pintura o caucho para evitar la corrosión.
- Toda válvula de exceso de flujo que conecte la tubería deberá contar con su respectiva válvula manual. Esto para efectos del servicio.
- Para el sellado de las roscas se usará un producto apropiado en conjunto con teflón que garantice una adecuada hermeticidad de la unión.

---

<sup>12</sup> Fuente: Sr. Miguel Benavides, Agente de Ventas, TuboCobre, S.A. Tel. 290-7655

- Cuando las tuberías hayan sido instaladas se deberá llevar a cabo una prueba hidrostática a 1,18 MPa (170 Psi) durante 30 minutos. En cuyo caso donde se ajuste mejor su uso se podrá realizar una prueba neumática empleando aire o gas inerte a 0.98 MPa (140 Psi)
- La tubería deberá ir pintada de acuerdo con lo establecido en la *Norma Oficial para la Utilización de Colores en Seguridad y su Simbología, Decreto 12715-MEIC publicada en La Gaceta del 16 de Julio de 1981.*(En el caso de Gas LP la tubería de líquido es castaña y la tubería de vapor es amarillo caterpillar)

### 5.10.3 Accesorios en la Tubería

Para efectos de la instalación de accesorios y conexiones en las tuberías se deben seguir las siguientes recomendaciones de carácter obligatorio:

- Las uniones pueden ser roscadas o soldadas. Para los efectos del presente proyecto serán roscadas por facilidad de mantenimiento.
- En las secciones de descarga de las bombas las válvulas que se utilicen deben tener como mínimo una presión de diseño de 2,41 MPa (350 Psi)
- En la sección de succión de la bomba se contemplará para efectos de este proyecto que las válvulas no estarán sometidas a presiones mayores de 1,72 MPa (250 Psi) por lo que se pueden usar válvulas con presiones de diseño de 1,72 MPa (250 Psi)
- En aquellas tuberías donde exista la posibilidad de que se estanque líquido se deberán emplear válvulas de alivio hidrostático con un ajuste a 2,75 MPa y hasta 3,44 MPa (400 Psi y hasta 500 Psi) Si se da el caso de que opere a 2,41 MPa (350 Psi) el ajuste debe ser de un 110% a un 125%.

### 5.11 Diseño de Obra Civil

Como se comenta en las secciones iniciales del presente capítulo el diseño civil no es parte de este informe, ya que no se cuenta con las bases formativas

necesarias para poder realizar adecuadamente esta parte del proyecto. Sin embargo en una forma estratégica se ha recurrido a los servicios de un consultor civil quien en una forma sencilla indica las siguientes recomendaciones para poder realizar con criterio la confección de los planchés y las bases del tanque.

La Ing. Priscilla Brenes de la empresa PB y AIC, S.A. ha indicado que los planchés deben tener las siguientes características resumidas en los Cuadros 5.3 y 5.4 adjuntos:

Cuadro 5.3 Características de Planchés para el Sistemas de Autoconsumo de Gas LP

Planché para:	Dimensiones (m)	Estructura	Resistencia del Concreto (kg/cm <sup>2</sup> )
Tanque de Almacenamiento	3.8 x 2 en 0.12	Malla Electrosoldada de 5 mm x 15 x 15 cm	280
Bomba de Trasiego	0.65 x 0.85 en 0.12		280
Medidor de Flujo	0.6 x 0.6 en 0.12		280

Fuente: Ing. Priscilla Brenes, PB y AIC, S.A.

MS Word, 97

En cuanto las bases del tanque las características son las siguientes:

Cuadro 5.4 Características de las Bases para el Tanque de Almacenamiento

Descripción	Dimensiones (m)	Estructura	Resistencia del Concreto (kg/cm <sup>2</sup> )
Bases del Tanque	0.15 x 1 en 0.7	Varilla #3	280

Fuente: Ing. Priscilla Brenes, PB y AIC, S.A.

MS Word, 97

## 5.12 Diseño del Sistema Eléctrico

### 5.12.1 Revisión de Normas Aplicables

Según la directriz del Decreto 30131-S-MINAE se deben acatar las disposiciones establecidas en las normas *NFPA 30 A Código de Estaciones de Servicio Marinas y Vehiculares*, además de lo dispuesto en la *Norma NFPA 70 Código Nacional*



*Eléctrico*, homologado en Costa Rica a través del CODEC (Código Eléctrico de Costa Rica) La norma *NFPA 58 Código del Gas Licuado de Petróleo*, hace referencia a la norma NFPA 30 A, así como a la norma NFPA 70, además de los artículos intrínsecos en norma NFPA 58.

A continuación se hace una referencia sobre los artículos y secciones aplicables para caracterizar el diseño basados en los mismos:

Decreto 30131-S-MINAE, La Gaceta No.43 del 2 de marzo de 2002.

Artículo 59.2.2 Instalación Eléctrica

Norma NFPA 30 A Código de Estaciones de Servicio Marinas y Vehiculares, Edición 1996.

Esta norma en su Sección 1-1.2 establece que no aplica para las estaciones o porciones de ella donde se tengan gases licuados de petróleo y refieren la información a la norma NFPA 58.

Norma NFPA 58 Código del Gas Licuado de Petróleo, Edición 1998.

Capítulo 3. Instalación de Sistemas de Gas LP

Sec. 3-2.15 Instalación de Equipo

Sec. 3-9. Surtidores de Combustible para Vehículos y Estaciones de Servicio

Norma NFPA 70 Código Nacional Eléctrico, Edición 1999. En Español.

Capítulo 2. Alambrado y Protección.

Artículo 210 Circuitos Ramales

Artículo 240 Protección contra sobre corriente

Artículo 250 Puesta a Tierra.

Capítulo 3. Métodos y Materiales para Alambrado.

Artículo 310 Conductores para Instalaciones en General.

Artículo 346 Conduit Metálico Rígido.

Capítulo 4. Equipos para uso general

Artículo 430 Motores, Circuitos de Motores y Alimentadores

Capítulo 5. Inmuebles Especiales

Artículo 500 Lugares Clasificados como Peligrosos. Clase I, II, III.

División 1 y 2

Artículo 501 Lugares Clase I

Artículo 514 Gasolineras y Estaciones de Servicio

Reglamento para el trámite de planos y la conexión de los servicios eléctricos, telecomunicaciones y de otros, en edificios. La Gaceta No.217, del 5 de noviembre de 2004

Capítulo 1. Definiciones.

Capítulo 2. Requerimientos.

Capítulo 3. Información mínima para los planos eléctricos y de telecomunicaciones.

#### **5.12.2 Ubicación de Elementos del Sistema Eléctrico**

Para la ubicación de los elementos del sistema eléctrico se han tomado las siguientes previsiones para optimizar en forma económica y eficiente la instalación eléctrica:

- El gabinete se instala fuera del área considerada como de “A prueba de explosión” con la finalidad de no tener que emplear un gabinete y elementos clasificados para esta zona, los cuales son sumamente costosos.
- La iluminación se hará aprovechando los elementos existentes e instalando una lámpara fuera del área considerada como clasificada “A prueba de explosión” para evitar el tener que utilizar una lámpara de este tipo, la cual es sumamente costosa.

- Un único elemento electromecánico que requiere alimentación para efectos del Sistema de Autoconsumo de Gas LP, motivo de este informe, es la bomba de trasiego. Sin embargo se diseñará el sistema para permitir que en el futuro se pueda instalar un surtidor de combustible electrónico, el cual es más sofisticado que el sistema de medición de flujo que se empleará para efectos del presente diseño.
- Se empleará el cable con aislamiento del Tipo THHN por sus características apropiadas para el servicio requerido, las cuales se detallan en el Apéndice 5H.
- El montaje de los elementos de protección se realizará mediante riel DIM y facilitar la instalación para lograr una mejor calidad en su presentación.
- Se determinarán los trayectos más cortos para lograr longitudes más cortas de cable a cada uno de los circuitos ramales y para los efectos de las caídas de voltaje en circuitos monofásicos se aplicará la siguiente fórmula:

$$e = \frac{4 * L * I}{V * S} \quad (13) \text{ (Ver Apéndice 5.H para más información)}$$

Donde:      e = Caída de voltaje en %  
              I = Corriente en el conductor (A)  
              V = Voltaje (V)  
              S = Área conductora del cable (mm<sup>2</sup>)  
              L = Longitud (m)

### 5.12.3 Procedimiento de Diseño

Con el fin de seguir un procedimiento lógico se realizará el diseño de cada circuito ramal bajo el siguiente orden:

- a. Determinación de Cargas. (Aplicación de factores)
- b. Selección de Conductores. (Vivo, neutro y tierra)

<sup>13</sup> Tomado del Manual Técnico General Phelps Dodge Centroamérica Conducen, S.A. I Edición, 2002. Pág. 78.

- c. Cálculo de Caída de Voltaje.
- d. Selección de Canalizaciones y Ductos.
- e. Selección de Protecciones de Cortocircuito.
- f. Selección de Accesorios y Protecciones Especiales.

Luego de obtenida la información anterior se procede a calcular el circuito de alimentación principal siguiendo el mismo procedimiento donde aplique.

#### **5.12.4 Circuito Ramal de la Bomba de Trasiego de Gas LP**

##### **5.12.4.1 Determinación de la carga**

El motor de la bomba de trasiego opera por poco tiempo en lapsos irregulares, por lo que trabaja en forma discontinua. De acuerdo con lo establecido en Artículo 110-14© de la NFPA 58 el circuito ramal está comprendido para operar a menos de 100 A con un cable comprendido entre el 14 AWG al 1 AWG por lo que la temperatura para obtener la ampacidad del cable será de 60°C.

Por otra parte se debe aplicar un factor en concordancia con lo establecido en el *Artículo 430-22 Un solo motor, Sección (b) Trabajo no continuo y la Tabla 430-22(b) Servicios por ciclo de trabajo* un 85% de la corriente de placa del motor a plena carga por lo tanto:

$$5A * 85\% = 4,25A$$

Al mismo tiempo también se considera que la temperatura máxima será de 28°C por lo que no requiere factor de ajuste por temperatura. En la canalización no habrá más de tres cables de fase portadores de corriente por lo que no se aplica factor de ajuste por cantidad de cables dentro de la canalización.

#### 5.12.4.2 Selección de los conductores

De acuerdo con la carga obtenida un conductor No.14 o un No.12 podrían ser los apropiados al verificar en la *Tabla 316-10 Capacidades permisibles de corriente en conductores de 0 a 2000 V* de la norma NFPA 70. Como el fabricante recomienda el cable No.12 AWG (Apéndice 5.G), ese será el elegido.

El conductor neutro será del mismo valor que el obtenido para los conductores de fase, el cual se deja opcional y el conductor de tierra se elegirá luego de determinar la protección de cortocircuito.

#### 5.12.4.3 Cálculo de Caída de Voltaje

Para obtener la caída de voltaje se mide la distancia desde la caja de control donde se ubicarán las protecciones individuales hasta el tramo final de cable del circuito ramal, en este caso la distancia es de 44 m.

El área conductora del cable según lo establecido por el *Manual Técnico General de Phelps Dodge Centroamérica Conducen, S.A.* es 3,31 mm<sup>2</sup>. (Ver Apéndice 5.H)

La corriente del motor a plena carga es de 6,9 A por lo determinado en la Tabla 430-148 y el voltaje es 240 V. Por lo tanto al aplicar la fórmula determinada en la *Sección 5.11.2 Ubicación de Elementos del Sistema Eléctrico* se obtiene un valor de caída de voltaje de 1,52%; este valor es muy inferior al valor límite de 5% establecido por la sección 210-19 (a) Nota No.4. por lo que el cable 12 AWG es apropiado para el circuito ramal.

#### 5.12.4.4 Selección de canalización

Para la canalización se empleará tubería rígida metálica de 19 mm (3/4 ") la cual por lo definido en el *Apéndice C de la NFPA 70, Tabla C8. Número máximo de conductores y alambres de artefactos en conduit rígido metálico*, puede portar 16 conductores con aislamiento THHN.

#### **5.12.4.5 Selección de protección de cortocircuito**

Por lo definido en la Tabla 430-152 Capacidad nominal o ajuste máximo de los dispositivos de protección para circuitos ramales de motores contra cortocircuito y falla a tierra y se considera que se usará una protección del tipo de interrupción de tiempo inverso, se debe aplicar un factor del 250% de la corriente a plena carga del motor, tomado de la *Tabla 430-148 Corrientes de plena carga en Amperios para motores monofásicos de C.A.*, obteniéndose lo siguiente:

$$6,9A * 2,5 = 17,25A$$

Por lo definido en Excepción 1 de la Sección 430-52 c1 se selecciona una protección de 20 Amperios de acuerdo con los valores estándar de la Tabla 240-6 de la NFPA 70. El breaker recomendado es un BTDIN 100, V230/400, Modelo F82H/20 Curva D (Sí está disponibles, sino usar curva C), de 2 polos.

#### **5.12.4.6 Selección de Conductor de Puesta a Tierra**

El conductor de puesta tierra para el equipo se selecciona con base en la protección de cortocircuito obtenida para el circuito ramal. Esto en concordancia con el *Artículo 250-122 Calibre de los conductores de puesta de tierra de equipo*.

Como la protección de cortocircuito es de 20 A un conductor de cobre 12 AWG es el indicado según la *Tabla 250-122 Calibre mínimo de conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos*.

#### **5.12.4.7 Selección de Accesorios y Protecciones Especiales**

La protección de sobrecarga o releé térmico se determina con base en el factor de servicio del motor de la bomba. Como se desconoce este factor se aplica lo estipulado en la *Sección 430-32 Motores de servicio continuo*, ya que como le establece la *Sección 430-33 Motores de servicio intermitente y similares*, las



aplicaciones del motor para este y todos los casos se deben considerar como continuas y por lo tanto se usa un factor de 115% de la corriente de placa del motor:

$$5A * 1,15 = 5,75A$$

Para efectos del proyecto se selecciona una protección de sobrecarga de la serie Sirius de Siemens con el siguiente código: 3RU11-16-1GB0, con rango de ajuste de 4,5 a 6,3 A. Con rango de ajuste Clase 10. (Ver Apéndice 5.I)

El contactor del motor se selecciona para el tamaño adecuado del motor en la misma serie Sirius de Siemens. El código respectivo es el 3RT10 15-1AP02 con bobina de 230 Vac y contacto normalmente cerrado. (Ver Apéndice 5.I)

Por otra parte el encerramiento o gabinete en el que se instalarán los componentes y elementos eléctricos de control está regido por lo establecido en la *Tabla 430-91 Selección de encerramiento para controlador del motor* de acuerdo con las condiciones ambientales imperantes. Para el caso del presente proyecto el Tipo 3R o 3S es el más indicado donde estará a la intemperie y con lluvia.

Se selecciona un gabinete Legrand, Marina, Modelo 352-51 con medidas de 400 x 300 x 200 mm, con placa lisa de montaje modelo 360-52. Por sus características este armario o gabinete es Tipo IP-65-9, para montaje con riel Dim modelo 374-04, riel simétrico EN-500-22 con profundidad de 7,5 mm.

Todo lo anterior se debe considerar una sugerencia y se pueden seleccionar elementos similares de otras marcas y siempre y cuando presente las mismas o mayores características sugeridas acá. Cabe destacar que la denominación IP-65 supera al 3R o 3S y es similar al Tipo 12 ó 13 de la clasificación NEMA.

## 5.12.5 Circuito Ramal de Lámpara de Iluminación

### 5.12.5.1 Determinación de la carga

Esta lámpara trabaja en promedio 8 horas continuas durante el día por lo que tomando en consideración la definición de carga continua del *Artículo 100. Definiciones* y lo establecido en el *Capítulo B. Capacidad Nominal de los Circuitos Ramales la carga de la lámpara es continua.*

La lámpara escogida es de la marca Sylvania, bulbo halógeno intercambiable de 400 W de salida y voltaje de operación de 240 V.

Se procede a determinar la corriente de línea:

$$\frac{400W}{240V} = 1,66A$$

Como es carga continua:

$$1,66A * 1,25\% = 2,075A$$

Se utilizará una temperatura de 60°C basados en lo establecido en el Artículo 110-14© de la NFPA 58, ya que el circuito ramal está comprendido para operar a menos de 100 A con un cable comprendido entre el 14 AWG al 1 AWG por lo que la temperatura para obtener la ampacidad del cable es la seleccionada

Al mismo tiempo también se considera que la temperatura máxima será de 28°C por lo que no requiere factor de ajuste por temperatura. En la canalización no habrá más de tres cables de fase portadores de corriente por lo que no se aplica factor de ajuste por cantidad de cables dentro de la canalización.

#### 5.12.5.2 Selección de los conductores

De acuerdo con la carga obtenida un conductor No.14 AWG podría ser el apropiado al verificar en la *Tabla 316-10 Capacidades permisibles de corriente en conductores de 0 a 2000 V* de la norma NFPA 70.

El conductor neutro no se utilizará en este caso, ya que la conexión se hará a 240 V y el conductor de puesta tierra se obtendrá posterior a la selección de la protección de cortocircuito.

#### 5.12.5.3 Cálculo de Caída de Voltaje

Para obtener la caída de voltaje se mide la distancia desde la caja de control donde se ubicarán las protecciones individuales hasta el tramo final de cable del circuito ramal, en este caso la distancia es de 48 m según el plano de la localidad.

El área conductora del cable según lo establecido por el *Manual Técnico General de Phelps Dodge Centroamérica Conducen, S.A.* es 2,08 mm<sup>2</sup>. (Ver Apéndice 5.H)

La corriente del motor a plena carga es de 2,075 A por el valor obtenido de la carga de la lámpara y el voltaje es 240 V. Por lo tanto al aplicar la fórmula determinada en la *Sección 5.11.2 Ubicación de Elementos del Sistema Eléctrico* del presente informe se obtiene un valor de caída de voltaje de 0,79%; este valor es muy inferior al valor límite de 5% establecido por la sección 210-19 (a) Nota No.4. por lo que el cable 14 AWG es apropiado para el circuito ramal.

#### 5.12.5.4 Selección de canalización

Para la canalización se empleará tubería Conduit PVC de 19 mm (3/4 ") la cual por lo definido en el *Apéndice C de la NFPA 70, Tabla C9. Número máximo de conductores y alambres de artefactos en conduit rígido de PVC Cédula 80*, puede portar 17 conductores con aislamiento THHN.

#### **5.12.5.5 Selección de protección de cortocircuito**

Por la definición establecida en el Artículo 210-23 (a) este es un circuito de iluminación. En la Tabla 210-24 Resumen de requisitos de los circuitos ramales, la corriente nominal del circuito es de 15 A por lo que la Protección de Cortocircuito es de 15 A.

El breaker recomendado es un BTDIN 100, V230/400, Modelo F82H/16 Curva C. de dos polos. (Ver Apéndice 5.J)

#### **5.12.5.6 Selección de Conductor de Puesta a Tierra**

El conductor de puesta tierra para el equipo se selecciona con base en la protección de cortocircuito obtenida para el circuito ramal. Esto en concordancia con el *Artículo 250-122 Calibre de los conductores de puesta de tierra de equipo*.

La protección de cortocircuito es de 15 A, por lo establecido en el *Artículo 250-122 Calibre de los conductores de puesta de tierra de equipo* un conductor de cobre 14 AWG es el indicado. Esto en concordancia con la *Tabla 250-122 Calibre mínimo de conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos*.

### **5.12.6 Circuito Ramal de Surtidor con Contador Electrónico (Prevista)**

#### **5.12.6.1 Determinación de la carga**

El surtidor considerado para efectos del diseño es marca CFT, modelo 7100, trabaja en forma continua durante las 24 horas continuas por lo que tomando en consideración la definición de carga continua del *Artículo 100. Definiciones* y lo establecido en el *Capítulo B. Capacidad Nominal de los Circuitos Ramales* la carga de este surtidor es continua.

Se desconoce el valor de consumo en Watts del equipo, pero el mismo opera con una fuente de poder de 240 V, requiriendo un cable neutro para dividir la tensión a 120 V en algunos puntos de control. La carga normal que se estimará para este equipo se considera de 1200 W, la cual es similar al consumo de un servidor para 20 computadoras de laboratorio.

Se procede a determinar la corriente de línea:

$$\frac{1200W}{240V} = 5A$$

Como es carga continúa:

$$5A * 1,25\% = 6,25A$$

Se utilizará una temperatura de 60°C basados en lo establecido en el Artículo 110-14© de la NFPA 58, ya que el circuito ramal está comprendido para operar a menos de 100 A con un cable comprendido entre el 14 AWG al 1 AWG por lo que la temperatura para obtener la ampacidad del cable es la seleccionada

Al mismo tiempo también se considera que la temperatura máxima será de 28°C por lo que no requiere factor de ajuste por temperatura. En la canalización no habrá más de tres cables de fase portadores de corriente por lo que no se aplica factor de ajuste por cantidad de cables dentro de la canalización.

#### **5.12.6.2 Selección de los conductores**

De acuerdo con la carga obtenida un conductor No.12 o 14 AWG podría ser el apropiado al verificar en la *Tabla 316-10 Capacidades permisibles de corriente en conductores de 0 a 2000 V* de la norma NFPA 70. Como lo importante en este caso es garantizar seguridad en una carga prevista se utiliza un cable No.12 AWG.

El conductor neutro en este caso será del mismo calibre del utilizado para los conductores de fase por lo establecido en el *Artículo 225-7 Equipo de alumbrado instalado en el exterior*.

#### **5.12.6.3 Cálculo de Caída de Voltaje**

Para obtener la caída de voltaje se mide la distancia desde la caja de control donde se ubicarán las protecciones individuales hasta el tramo final de cable del circuito ramal, en este caso la distancia es de 56 m según el plano de la localidad.

El área conductora del cable según lo establecido por el *Manual Técnico General de Phelps Dodge Centroamérica Conducen, S.A.* es 3,31 mm<sup>2</sup>. (Ver Apéndice 5.H)

La corriente del surtidor a plena carga es de 5 A de acuerdo con el valor obtenido de la carga de la surtidor y el voltaje, el cual es de 240 V. Por lo tanto al aplicar la fórmula determinada en la *Sección 5.11.2 Ubicación de Elementos del Sistema Eléctrico* se obtiene un valor de caída de voltaje de 1,76%; esta valor es muy inferior al valor límite de 5% establecido por la sección 210-19 (a) Nota No.4. por lo que el cable 12 AWG es apropiado para el circuito ramal.

#### **5.12.6.4 Selección de canalización**

Para la canalización se empleará tubería rígida metálica de 19 mm (3/4 ") la cual por lo definido en el *Apéndice C de la NFPA 70, Tabla C8. Número máximo de conductores y alambres de artefactos en conduit rígido metálico*, puede portar 16 conductores con aislamiento THHN.

#### **5.12.6.5 Selección de protección de cortocircuito**

Por la definición establecida en el Artículo 210-23 (a) este es un circuito de 15 A nominales con una carga fija conectada. Como la carga es de 5 A, la misma no consume más del 50% del tamaño nominal del circuito y por lo tanto es factible para

el propósito del presente proyecto. En la *Tabla 210-24 Resumen de requisitos de los circuitos ramales*, la corriente nominal del circuito es de 15 A por lo que la Protección de Cortocircuito es de 15 A.

El breaker recomendado es un BTDIN 100, V230/400, Modelo F82H/16 Curva C de dos polos. (Ver Apéndice 5.J)

#### **5.12.6.6 Selección de Conductor de Puesta a Tierra**

El conductor de puesta tierra para el equipo se selecciona con base en la protección de cortocircuito obtenida para el circuito ramal. Esto en concordancia con el *Artículo 250-122 Calibre de los conductores de puesta de tierra de equipo*.

La protección de cortocircuito es de 15 A, por lo establecido en el *Artículo 250-122 Calibre de los conductores de puesta de tierra de equipo* un conductor de cobre 14 AWG es el indicado. Esto en concordancia con la *Tabla 250-122 Calibre mínimo de conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos*.

#### **5.12.7 Circuito Alimentador**

##### **5.12.7.1 Determinación de la carga**

De acuerdo con lo obtenido para las cargas después de los factores comprendidos se debe llevar a cabo una suma de cada una de ellas para estimar la corriente demanda total del sistema a plena operación.

De lo anterior se desprende que:

$$CR1 + CR2 + CR3 = I_T$$

Donde: CR1= Circuito ramal 1 después de factores  
CR2= Circuito ramal 2 después de factores

CR3 = Circuito ramal 3 después de factores

$I_T$  = Corriente Total de Fase del Alimentador

así se obtienen los siguientes resultados al aplicar lo estipulado en el *Artículo 220-3 Cálculo de cargas de los circuitos ramales*:

$$4,25 \text{ A} + 2,057 \text{ A} + 6,25 \text{ A} = 12,58 \sim 13 \text{ A}$$

Por lo establecido en el Artículo 215-2(b) la capacidad de corriente no puede ser inferior a 30 A y tomando en consideración los incrementos de cargas futuras asociables al circuito se deja nominalmente de 40 A.

Nuevamente se utilizará una temperatura de 60°C basados en lo establecido en el Artículo 110-14© de la NFPA 58, ya que el circuito ramal está comprendido para operar a menos de 100 A con un cable comprendido entre el 14 AWG al 1 AWG por lo que la temperatura para obtener la ampacidad del cable es la seleccionada

Al mismo tiempo también se considera que la temperatura máxima será de 28°C por lo que no requiere factor de ajuste por temperatura. En la canalización no habrá más de tres cables de fase portadores de corriente por lo que no se aplica factor de ajuste por cantidad de cables dentro de la canalización.

#### **5.12.7.2 Selección de los conductores**

De acuerdo con la carga obtenida un conductor No.10 podría ser el apropiado al verificar en la *Tabla 316-10 Capacidades permisibles de corriente en conductores de 0 a 2000 V* de la norma NFPA 70. Lo importante en este caso es garantizar seguridad y amplitud en el diseño este cable.

El conductor neutro en este caso será del mismo calibre del utilizado para los conductores de fase por lo establecido en el *Artículo 220-22 Carga de neutro del alimentador o la acometida*, por lo que su calibre será un No.8 AWG.

### 5.12.7.3 Cálculo de Caída de Voltaje

Para obtener la caída de voltaje se mide la distancia desde el centro de carga ubicado en el edificio de producción de CO<sub>2</sub>, donde se ubicará el breaker principal de donde se tomará la carga de corriente necesaria. En este caso la distancia obtenida es de 35 m.

El área conductora del cable según lo establecido por el *Manual Técnico General de Phelps Dodge Centroamérica Conducen, S.A.* es 8,37 mm<sup>2</sup>. (Ver Apéndice 5.H)

La corriente del alimentador a plena carga es de 13 A de acuerdo con el valor obtenido de la carga total demanda por el sistema, a la cual se le suma un incremento arbitrario de 10 A. El voltaje de fase es de 240 V. Por lo tanto al aplicar la fórmula determinada en la *Sección 5.11.2 Ubicación de Elementos del Sistema Eléctrico* se obtiene un valor de caída de voltaje de 1,60%; este valor es muy inferior al valor límite de 5% establecido por la sección 210-19 (a) Nota No.4. por lo que el cable 8 AWG es apropiado para el circuito de alimentación.

### 5.12.7.4 Selección de canalización

Para la canalización se empleará tubería rígida metálica de 19 mm (3/4 ") la cual por lo definido en el *Apéndice C de la NFPA 70, Tabla C8. Número máximo de conductores y alambres de artefactos en conduit rígido metálico*, puede portar 6 conductores con aislamiento THHN.

### 5.12.7.5 Selección de protección de cortocircuito

El circuito del alimentador como se mencionó previamente se selecciona para una corriente nominal de 40 A, por lo tanto este valor será considerado como el valor de la protección de cortocircuito.

El breaker recomendado es un BTDIN 100, V230/400, Modelo F82H/40, Curva C de dos polos. (Ver Apéndice 5.J)

#### **5.12.7.6 Selección de Conductor de Puesta a Tierra**

El conductor de puesta tierra para el equipo se selecciona con base en la protección de cortocircuito obtenida para el circuito del alimentador. Esto en concordancia con el *Artículo 250-122 Calibre de los conductores de puesta de tierra de equipo*.

La protección de cortocircuito es de 40 A, por lo establecido en el *Artículo 250-122 Calibre de los conductores de puesta de tierra de equipo* un conductor de cobre 10 AWG es el indicado. Esto en concordancia con la *Tabla 250-122 Calibre mínimo de conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos*.

#### **5.13 Sistema a Prueba de Explosión**

En concordancia con lo citado en el *Artículo 500 Lugares (clasificados como) peligrosos, Clase I, II y III, Divisiones 1 y 2*; la clasificación que merece el sistema de Gas LP objeto de este informe es la siguiente:

- Clase I: Gases o Vapores
- División 1: Normalmente peligrosos
- División 2: No normalmente peligrosos
- Grupo D: Butano y Propano

#### Aparatos Cubiertos

- División 1: Todo aparato eléctrico y alambrado
- División 2: Lámparas, resistores, bobinas y otros que generen arcos eléctricos

### Temperatura de medición

Máxima temperatura externa sobre la temperatura ambiente: 40°C

### Valores Límite

No debe exceder la temperatura de ignición del vapor o gas que tenga la más baja, en este caso el butano 288°C.<sup>14</sup> (Ver Apéndice 5.K)

Con la clasificación citada anteriormente el *Artículo 501 Localizaciones Clase I* definen los alcances y limitaciones para equipo que se encuentre en esta área. Se cita en forma general el uso de transformadores y capacitores, el uso de equipos de medición e instrumentos, métodos de alambrado, sellado y drenaje así como interruptores, corta circuitos, controladores de motores y fusibles, motores y generadores. Además de las luminarias y otros.

En el *Artículo 514 Gasolineras y Estaciones de Servicio*, se detalla una clasificación específica de las zonas División 1 y División 2, de acuerdo con el lugar donde se ubique el equipo, así como su extensión. El *Decreto 30131-S-MINAE en su Artículo 59.2.2 Instalación Eléctrica* es claro sin hacer mayor alusión a temas específicos sobre lo siguiente:

“59.2.3.1 Todos los elementos del sistema eléctrico, en las zonas de almacenamiento y trasiego y los que se encuentren instalados en un radio de 7,5 m como mínimo de ellas, deberán ser a prueba de explosión y cumplir con la normativa vigente.”

Por último en la *Sección 3-7 Control de Fuentes de Ignición*, Tabla 3-7.2.2 de la Norma NFPA 58, se lleva a cabo una clasificación de áreas de acuerdo con su ubicación y se cita a su vez su extensión radial.

---

<sup>14</sup> Valor tomado de “Appendix I Gases and Vapors Hazardous Substances Used in Business and Industry, Crouse-Hinds Code Digest”, Año 2002, pág. 86.

Por lo tanto, basados en las condiciones anteriores se hará una descripción por cada circuito ramal sobre las condiciones de instalación para que cumpla con los parámetros citados en esta sección si aplican.

#### **5.13.1 Circuito ramal de bomba de trasiego**

El motor de la bomba tal y como se manifiesta en el manual del fabricante ya viene diseñado para la clasificación requerida. Al mismo tiempo para la instalación eléctrica de la bomba se deberá colocar una unión flexible APE (A prueba de Explosión), un sello Tipo EYS para posición vertical u horizontal y si fuera del caso se deberá usar una caja de salida GUAT. (Ver Apéndice 5.K) El interruptor que trae de fábrica el motor es APE por lo que el mismo se deberá colocar en una sección accesible del sistema para su encendido y apagado al momento de trasiego de Gas LP del tanque de almacenamiento principal al tanque vehicular receptor. Este interruptor deberá llevar un sello EYS, 10 cm antes de que la tubería entre en el punto de roscado.

La tubería deberá ser de conduit metálico rígido y sus componentes y accesorios deben estar designados para la división citada. Al mismo tiempo todos los componentes y equipos deben ser aterrizados de acuerdo con lo establecido en el *Artículo 250 Puesta a Tierra* de la norma NFPA 70.

#### **5.13.2 Circuito Ramal de Lámpara Reflectora**

La lámpara reflectora será colocada en una zona excluida de las áreas clasificadas por lo que no será necesario entrar en la materia de esta sección.

#### **5.13.3 Circuito Ramal del Surtidor Electrónico (Prevista)**

Para efectos de la colocación futura de un surtidor con contador electrónico su instalación deberá contar con un sello EYS y una conexión flexible APE, la tubería debe ser conduit metálico rígido y se puede dejar prevista con un tapón oculta a la

espera de ser utilizada en un plazo relativo, ya que es posible que se tengan que hacer modificaciones a la obra civil para colocar la base del surtidor. De aquí se desprende que no vale la pena invertir en estos materiales hasta tanto no se requieran.

#### **5.14 Sistema contra Incendios**

El sistema de protección contra incendios está contemplado en el *Sección 3-10 Protección contra incendios*, de la norma NFPA 58 y en el *Art. 58.3 Medidas de Seguridad del Decreto 30131-S-MINAE*.

Al efecto la *norma NFPA 58 en las Sección 3-10.2.3* cita a una instalación sujeta de un sistema contra incendios sí la misma cuenta con una capacidad de almacenamiento superior a los 4000 Galones. Así mismo recomienda que para elaborar un diseño de un sistema contra incendios se deben tomar en consideración los aspectos particulares de cada instalación y al mismo tiempo se deben elaborar dichos planes en conjunto con las instituciones involucradas en estos aspectos. Por lo tanto y para efectos del presente proyecto y tomando en consideración que es tan solo de un 25% de la capacidad relativa de un sistema contra incendios, se apegará a lo indicado en el Decreto 30131-S-MINAE.

El Art. 58.3 y subdivisiones, cita como referencia un sistema mediante extintores por lo que se procede a calcular utilizando este método. Los valores de riesgo se obtienen directamente del Art. 58.3.1.:

Cuadro No.5.5 Unidades de Extinción para Sistema de Extintores

Área o Zona	Riesgo	Factor	Área (m2)	Unidad Extinción
Almacenamiento y Recepción	Grave	0,3	14,80	4,44
Bomba de Trasiego	Grave	0,3	4,00	1,2
Toma de Suministro	Grave	0,3	37,70	11,31
Total Unidades de Extinción:				<b>16,95</b>

Fuente: Decreto 30131-S- MINAE, La Gaceta 2/3/2002.

MS Word, 97

Por lo citado en el Art. 58.3.3 un extintor de 9,2 Kg. de Polvo Químico, Tipo BC es apropiado, ya que el mismo tiene una ponderación de 20 unidades de extinción contra las 17 (Redondeando el valor) obtenidas para el sistema de autoconsumo. (Ver Apéndice 5.L)

#### 5.14.1 Requerimientos de Instalación del Extintor

El Artículo 58.3.5 y subsiguientes del Decreto 30131-S-MINAE hacen una serie de recomendaciones las cuales se deben acatar para la colocación del extintor objeto del presente proyecto. Sus recomendaciones son las siguientes:

- Debe estar a una altura de 1,3 a 1,5 m de la parte superior del extintor al nivel de piso terminado.
- Se debe permitir descolgar con suma facilidad, colocándolo en un sitio visible y señalando claramente su ubicación.
- Se debe llevar un registro de cargas y de pruebas hidrostáticas para garantizar su pleno funcionamiento en una situación de emergencia.

#### 5.15 Rotulación de Seguridad e Información

La norma NFPA 58 no hace una mención específica de la incorporación de rotulación informativa de seguridad, pero en la *Sección 59.2.4. Señalización del Decreto 30131-S-MINAE* se citan las correspondientes por lo que se hace una

transcripción electrónica de dicho artículo para detallar la información y características requeridas:

“59.2.4 **SEÑALIZACIÓN.**

59.2.4.1. **Señales restrictivas**

<b>Clave</b>	<b>Texto</b>	<b>Dimensión (cm)</b>
SR-7	Prohibido cargar gas si hay personas dentro del vehículo	45x60

59.2.4.2 **Señales informativas.** Se adicionarán las siguientes.

<b>Clave</b>	<b>Texto</b>	<b>Dimensión (cm)</b>
SI-12	Instrucciones detalladas para la operación y recepción de gas L.P. (ubicada junto a la toma de recepción de llenado)	80x100
SI-13	Instrucciones detalladas para la operación de suministro (ubicada junto a las tomas de suministro)	80x100”

Además de lo anterior otras señales informativas que se usarán para efectos del presente proyecto son las siguientes:

<b>Texto</b>	<b>Dimensión (cm)</b>
- Apague su motor antes de Iniciar la carga	45 x 60
- Peligro No Fumar	45 x 20
- Peligro No usar el Celular	45 x 20

### **5.16 Procedimiento detallado de operación y recepción de Gas LP**

En primera instancia se detallan algunas políticas que se deben seguir para que un vehículo auto tanque de Gas LP pueda ingresar a la Planta de PRAXAIR COSTA RICA, S.A.. Estas son las siguientes:

1. El chofer del vehículo debe haber aprobado los cursos que establece la empresa en materia de seguridad y otros.
2. El chofer debe portar todos los aditamentos de seguridad para realizar una operación segura tales como: Anteojos de Seguridad, Chaleco, Casco y Zapatos de Seguridad.
3. El vehículo auto tanque de Gas LP no deberá presentar problemas físicos o de funcionamiento que afecten la integridad de las personas, la seguridad y el medio ambiente.
4. El vehículo auto tanque de Gas LP debe cumplir la ley en todo su ámbito, desde los permisos de circulación y de transporte de material peligroso hasta el uso de señalización y rotulación informativa. También debe portar los dispositivos más adecuados para su seguridad tales como: Conos de Seguridad, Extintor, Calza Antirrodamiento, etc.
5. El tanque de almacenamiento de Gas LP no debe ser llenado a más de un 85% de su capacidad nominal.

El siguiente texto es una propuesta del procedimiento detallado de recepción de Gas LP para recarga del tanque almacenamiento del proyecto. Este procedimiento es sujeto de ajustes y cambios cuando así lo estime oportuno el Departamento de Seguridad y Salud de PRAXAIR COSTA RICA, S.A.

#### **Instrucciones detalladas para la operación y recepción de Gas LP**

1. Antes de ingresar a la planta anúnciese e identifíquese con el agente de seguridad.



2. Avance hasta el punto de recepción a una velocidad no mayor de 10 kph.
3. Ubique el vehículo auto tanque en la zona dispuesta para realizar la descarga.
4. Colóquese los dispositivos de seguridad personales.
5. Coloque los dispositivos de seguridad del vehículo auto tanque.
6. Verifique y anote los siguientes valores: Consecutivo inicial del medidor mecánico, porcentaje de llenado inicial del tanque.
7. Proceda a conectar la manguera de trasiego a la válvula de llenado del tanque de almacenamiento de acuerdo con la longitud adecuada sin dobleces o quiebres.
8. Ponga la maría mecánica del vehículo auto tanque en cero y anote el consecutivo en el formato correspondiente. Coloque la factura en blanco en el medidor del auto tanque en el punto indicado para ello.
9. Encienda la bomba de trasiego del vehículo auto tanque.
10. Inicie la descarga abriendo las válvulas correspondientes.
11. Cuando el tanque de almacenamiento se encuentre lleno a 85% de su volumen total, detenga el llenado.
12. Tome y anote en el formato correspondiente las lecturas finales del tanque, la maría mecánica del surtidor y la maría mecánica del vehículo auto tanque.
13. Retire la manguera del tanque de almacenamiento y guárdela según el procedimiento adecuado para ello.
14. Termine de imprimir la factura y proceda a solicitar la firma del encargado de Praxair de recibir el producto. Deje la copia para el trámite de pago respectivo.
15. Retire los dispositivos de seguridad de vehículo auto tanque.
16. Retírese del lugar y diríjase a la salida común. Solicite en este punto sus credenciales devolviendo al agente de seguridad el carné de visitante y los dispositivos de seguridad que le hayan sido prestados.

### **5.17 Procedimiento detallado de operación y suministro de Gas LP**

El siguiente es el procedimiento propuesto para el llenado de vehículos propulsados con Gas LP de PRAXAIR COSTA RICA, S.A., el mismo puede en cualquier momento ser modificado por el Departamento de Seguridad y Salud cuando lo estime conveniente

A continuación el procedimiento:

#### **Instrucciones detalladas para la operación de suministro de Gas LP**

1. Ubique el vehículo en la zona de carga de Gas LP.
2. Apáguelo antes de iniciar la carga. Ponga el freno de mano y coloque la calza. Coloque el perro de aterrizado para drenar electricidad estática.
3. En el formato correspondiente anote el porcentaje de llenado del tanque del vehículo ubicado en el punto control con boya.
4. Anote el consecutivo correspondiente del equipo de medición.
5. Extienda la manguera y no permita que se formen dobles que acumulen líquido.
6. Conecte la manguera al tanque del vehículo en la toma de llenado.
7. Tire el gatillo de la pistola de llenado, manteniendo apretado y coloque la tranca o la calza convenientemente.
8. Verifique que las válvulas antes del medidor se encuentran en posición abierta.
9. Encienda la bomba con el interruptor y comience a llenar.
10. Manténgase atento en todo momento durante el llenado. Cuando observe que el contador no se mueve en un lapso de 10 segundos, detenga la bomba ya que el tanque de almacenamiento de vehículo está lleno.
11. Desconecte la manguera y colóquela en el lugar indicado.
12. Haga las anotaciones en el formato correspondiente. (Consecutivo final del contador, cantidad que se llenó y el kilometraje del vehículo)

13. Retire la calza de las llantas del vehículo.

14. Conduzca el vehículo y déjelo en su zona de parqueo o proceda con su itinerario.

### **5.18 Elaboración de Planos Mecánicos y Eléctricos**

Los planos mecánicos se ha elaborado siguiendo los lineamientos generales de información mínimos requeridos para comprender su ubicación e instalación bajo los aspectos de la norma que lo rige. En el país no hay un marco legal oficial que rijan su presentación, por lo que está en manos del ingeniero que diseña presentar una información adecuada y completa.

Los planos eléctricos han sido elaborados con base en las disposiciones establecidas en el *Reglamento para el trámite de planos y la conexión de los servicios eléctricos, telecomunicaciones y de otros, en edificios. La Gaceta No.217, del 5 de noviembre de 2004* y las disposiciones generales solicitadas por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica.

Ambos planos se adjuntan a este informe en tamaño 11" x 17" en el Apéndice 5.M pero en el componente electrónico (Compact Disk) de este informe se adjuntan en el formato de impresión estándar. (AUTOCAD Ver. 2000).

### **5.19 Costo Total de Instalación del Sistema de Autoconsumo de Gas LP.**

#### **(Mano de Obra y Materiales)**

Para obtener los costos totales de llevar a cabo el proyecto de instalación y puesta en marcha se han resumido en 5 grupos diferentes a saber: Obra Mecánica, Obra Eléctrica, Obra Civil, Trámite de Planos y Rotulación General. Los costos se presentan en colones actuales al tipo de cambio del día 7 de abril de 2006. El tipo de cambio para este día corresponde a: **C507, 01**<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Tomado de: [http://www.nacion.com/ln\\_e/2006/abril/07/economia.html](http://www.nacion.com/ln_e/2006/abril/07/economia.html)



Para obtener los costos totales de instalación se han usado las fuentes de información de proveedores nacionales e internacionales. Los siguientes son algunos de ellos:

- **TuboCobre, Pavas de San José, Costa Rica**  
Tel. 290-7655, Fax. 296-4035  
Tuberías, Válvulas y Accesorios
- **Mafisa, Guadalupe de San José, Costa Rica**  
Tel. 253-5320, Fax. 253-5351  
Mangueras y Acoples
- **Tecnoval, Zapote de San José, Costa Rica**  
Tel. 286-2233, Fax. 286-2286  
Tuberías, Válvulas y Accesorios
- **Ditesa, La Lima de Cartago, Costa Rica**  
Tel. 552-8002/552-1110, Fax. 551-6289  
Cables y Componentes Eléctricos
- **Rótulos Cartín, S.A., La Lima, Taras de Cartago, Costa Rica**  
Telefax: 573-8031  
Rotulación general y señalización
- **Bolivar Trading, Los Colegios de Moravia, San José, Costa Rica**  
Tel. 297-4041, Fax. 297-3422  
Surtidores y Equipos para Estaciones de Servicio
- **Utsupra, S.A. San José, Costa Rica**  
Tel. 235-0100, Fax. 241-0768  
Instalaciones Eléctricas
- **PB y AIC, S.A. San Pablo de Heredia, Costa Rica**  
Tel. 263-5390, Fax. 263-5391  
Diseño y Obra Civil
- **Energas, S.A., Bo Don Bosco de San José, Costa Rica.**  
Tel. 221-2006

Equipos de Conversión de Gas LP

- **Gas Nacional Zeta, S.A., La Lima de Cartago, Costa Rica**

Tel. 573-7649, Fax. 573-8774

Venta de Gas LP y Accesorios

- **Ferretería El Pochote, S.A. Cartago, Costa Rica**

Telefax. 591-8920

Hierros, pintura y materiales en general

- **Soltech Group, Miami, Florida, USA.**

Phone (786) 242-3667, Fax. (786) 242-3632

<http://www.sol-tech.net/>

Representante de equipos de Gas LP para la industria

- **EFG Industries, Coral Springs, Florida, USA**

Phone (954) 340-9278, Fax. (945) 340-9934

<http://www.efgindustries.com/>

Representante de quipos de Gas LP para la industria

### **5.19.1 Costo de Instalación Mecánica**

Con el diseño presentado en los planos mecánicos correspondientes se ha elaborado un listado de los materiales, accesorios y partes para obtener los costos de compra puestos en el sitio, así como la mano de obra correspondiente por la elaboración de los mismos. En esta sección sólo se resumen los costos totales obtenidos por la realización de la obra mecánica. En el Apéndice 5.N se presenta un detalle general de los valores unitarios para llegar a los costos finales de las siguientes subsecciones.

#### **5.19.1.1 Costos de Equipos de Importación**

En esta sección se estimaron los costos de importación de las siguientes partes: Equipo de Medición, Bomba de Trasiego con su respectivo By Pass, Pedestal de Colocación y Pistola de Llenado. Su costo global asciende a: **C2.451.048, 58**

#### **5.19.1.2 Costos de Accesorios de Importación**

En esta parte de la estimación de costos de importación de válvulas y accesorios que no están disponibles en el país, pero que mediante un “dealer” se importan de Estados Unidos de América. El costo global asciende a un monto de: **C194.322, 34**

#### **5.19.1.3 Costos de Materiales y Accesorios**

En esta sección se estimaron los costos de compra en el mercado nacional de accesorios, materiales y partes, tales como tuberías, válvulas, uniones, codos y materiales para la malla. El costo global asciendo a un monto de: **C1.002.047, 87**

#### **5.19.1.4 Costo de Mano de Obra de Instalación Mecánica**

Los costos de mano de obra se han obtenido a partir de la cotización de mano de obra técnica especializada, aportada por la empresa GAS NACIONAL ZETA, S.A. Esta cotización incluye los costos de transporte, viáticos y tiempo laboral. El costo de esta sección asciende a: **¢76.920, 00.**

#### **5.19.1.5 Costo Total del Proyecto Mecánico**

El costo total global del proyecto mecánico serán los puntos de las secciones estimados anteriormente y por lo tanto: **C3.724.338, 79**

### **5.19.2 Costos de Obra Eléctrica**

El costo de obra eléctrica se ha obtenido al solicitar una cotización directa al proveedor de servicios especializados (UTSUPRA, S.A.) para la instalación eléctrica a prueba de explosión. Su cotización incluye el costo total de mano de obra y materiales para ejecutar la obra en su totalidad.

#### **5.19.2.1 Costo de Materiales Eléctricos**

Según lo comentado por el Ing. Braulio Bonilla de la empresa UTSUPRA, los costos de materiales involucran la cantidad óptima y necesaria para llevar a cabo la

instalación correctamente, de acuerdo con lo señalado en los planos. Sin embargo por solicitud personal del autor de este informe se solicitó un listado de los materiales para determinar si es más cómodo comprar los materiales por medio de Praxair Costa Rica, sin embargo el tiempo y otros costos implícitos en una compra directa hacen ver que es más conveniente que la empresa proveedora aporte los materiales.

#### **5.19.2.2 Costo de Mano de Obra Eléctrica**

El costo de mano de obra involucra un técnico y un ayudante. Personal de Praxair Costa Rica, se encargaría de la parte de zanjas para la eventual canalización subterránea desde el centro de control hasta los puntos de demanda eléctrica. El costo de esta sección asciende a: **C130.315, 56** (\$257,03).

#### **5.19.2.3 Costo de Materiales y Partes Eléctricas**

El costo de materiales y partes eléctricas tiene un costo de: **C734.677, 77** (\$1.449,04)

#### **5.19.2.4 Costo Total Global de Instalación del Proyecto Eléctrico**

El costo global del proyecto asciende a: **C864.993, 33** (\$1.706,07)

#### **5.19.3 Costo de Obra Civil**

Tal y como se comentó en la Sección 5.11 del presente informe el diseño como tal de la obra civil no es tema de desarrollo dentro del proyecto. Sin embargo se contó con la cotización del empresa PB y AIC, S.A. para efectos de obtener el costo global de hacer los planchés y puntos de apoyo para cada elemento que lo requiera del proyecto.

El costo total global del proyecto civil asciende a la suma de **C807.768,13** (\$1593, 20)

#### **5.19.4 Costos Misceláneos**

Dentro de los costos misceláneos se han introducido tres secciones importantes de costo que afectan su inicio y su puesta en marcha, estos son: Costo de la primera carga del tanque, rotulación general y pago de servicios profesionales por impresión de planos, firma y trámite de planos. El costo total de los tres rubros asciende a la suma de **C384.614,55** (\$758,60)

#### **5.19.5 Costo Total Global del Proyecto**

El costo global total del proyecto comprende la suma total de las secciones citadas anteriormente y asciende a un monto total de **C5.781.714,81** (\$11581,06)

### **5.20 Descripción General de la Conversión de Vehículos**

Para que los vehículos automotores que originalmente operan en gasolina puedan ser propulsados con Gas LP, se debe instalar un equipo de conversión para el motor que permita que el motor mismo pueda emplear el Gas LP como combustible. Para ello en investigaciones de más de 40 años en la industria automotriz se han realizado pruebas y desarrollado estándares que han permitido integrar tecnología de punta con elementos mecánicos que permiten un aprovechamiento óptimo en el proceso de combustión, logrando rendimientos similares a los ofrecidos por la gasolina en el mismo motor.

Los elementos que constituyen un equipo básico de conversión son los siguientes:

- Tanque de Almacenamiento de Gas LP
- Tubería de cobre
- Electro válvula de gas
- Vaporeductor
- Unidad de mezcla
- Válvula de paso
- Conmutador de selección

La empresa ENERGAS considerada una de las empresas en instalación en Costa Rica con las mejores alternativas en equipos de conversión, ha permitido adjuntar su información dentro del Apéndice 5.O del presente informe para ofrecer una información más detallada sobre los aspectos básicos de instalación, mantenimiento y operación del equipo de Gas LP que eventualmente se incorpore en los vehículo utilizados por Praxair Costa Rica en sus actividades utilitarias.

En resumen el sistema es sencillo de instalar, lo que asegura en uno o dos días pueda ser instalado sin mayor inconveniente. El proceso de asentamiento y calibración es relativamente corto, asegurándonos un excelente confiabilidad del equipo de conversión durante su operación.

Una ventaja importante del equipo es su economía relativa a la diferencia de precios que existe entre el litro de Gas LP a Granel y el litro de Gasolina Regular, tal y como está establecido oficialmente en Diario Oficial La Gaceta No.65 del 30 de marzo de 2006. La diferencia porcentual es de un 45% más barato.

Algo importante para destacar es que el sistema de conversión de equipos de Gas LP es muy ecológico puesto que reduce la contaminación atmosférica en un 80% tal y como se observa en la Cuadro No.5.5 adjunto:

Cuadro No.5.6 Comparación Ecológica

Contaminantes	Gas L.P.	Gasolina	Unidad
Hidrocarburos sin quemar (HC)	53	700	PPM
Monóxido de Carbono (CO)	1.35	6.0	%
Óxidos de Nitrógeno (NOx)	292	1200	PPM

<http://www.grupozeta.com/gasauto/beneficios.htm>

MS Word, 97

Por último según lo mencionado por el Sr. Mario Sánchez, de ENERGAS, el marco regulatorio para el país en materia de conversiones es incipiente y se encuentra aún en proceso de revisión por parte del Ministerio de Obras Públicas y Transportes. De esto es recomendable considerar que se deben seguir normas

internacionales para su instalación, ya sea de origen europeo o de origen estadounidense, tales como la norma NFPA 58.

### **5.21 Costos de Conversión de las unidades vehiculares**

En el Apéndice 5.P se adjunta una cotización específica para cada unidad ofrecido por la empresa ENERGAS. Los costos estimados por este proveedor incluyen un emulador de inyección de caudal electrónico.

El costo de instalación total de los vehículos involucrados asciende a la suma de **C6.367.563,65** (\$12.559,05) involucrando a 10 vehículos.

Este costo incluye la opción de realizar las conversiones de los vehículos en parejas en fines de semana, lo que significa que los vehículos no dejarán de estar disponibles durante el tiempo normal para el personal que los emplea.

### **5.22 Factibilidad Económica del Proyecto**

En el Apéndice 5.N se ha realizado un cuadro que resume la factibilidad del proyecto de acuerdo con la información aportada por la globalidad total del proyecto. El proyecto se resarce en un plazo de 15 meses a partir del momento de la operación plena del Sistema de Gas LP y la operación completa de los vehículos convertidos a Gas LP.

El Sistema de Gas LP, en términos de costos, posterior al plazo de recuperación genera un ahorro mensual de un 44% sobre el costo del uso de la gasolina, cuya relación es de más de 3 veces la tasa anual pasiva del mercado<sup>16</sup>, lo cual lo convierte en un proyecto con un valor económico bastante atractivo si se trata de invertir este mismo dinero en certificados de inversión.

---

<sup>16</sup> Tomado de: [http://www.nacion.com/ln\\_ee/2006/abril/07/economia.html](http://www.nacion.com/ln_ee/2006/abril/07/economia.html)

## CONCLUSIONES

1. La normativa nacional es aún muy efímera en el tema de los sistemas de autoconsumo de Gas LP y en general lo relacionado a este combustible.
2. El Sistema de Autoconsumo de Gas LP es una excelente alternativa para obtener en el corto plazo ahorros significativos en el costo del consumo de combustible de la empresa y del sector transporte.
3. El Gas Licuado de Petróleo es un hidrocarburo sumamente ecológico si se comparan las emisiones entre este y combustibles tradicionales como la gasolina.
4. La adquisición de equipos para el trasiego y control en el manejo de Gas LP sólo se puede adquirir por medio de representantes en el exterior del país.
5. En general los equipos y componentes que se venden en el mercado estadounidense cumplen satisfactoria las normas involucradas para un proyecto con Gas LP seguro.
6. Los precios del Gas LP para compras a granel son inferiores a los precios de venta en las estaciones de servicio por lo que se añade un factor adicional más atractivo para el sector transporte.
7. La inversión en el sistema de protección es mínima ya que en el presente proyecto solo se requiere de un extintor de 9 Kg.
8. Por conveniencia del usuario entre más pequeño sea el tanque (optimizando su tamaño), es inferior el área que se debe destinar para ubicar e instalar un sistema de autoconsumo dentro de las instalaciones de una empresa.



9. En el país no hay un marco legal adecuado para la presentación de planos mecánicos, mientras que por el contrario en la presentación de planos eléctricos existe un marco legal apropiado para su correcta presentación.
  
10. Los costos de instalación del sistema de Gas LP, son relativamente altos si se toma en cuenta que se debe invertir tanto en el sistema de autoconsumo como en la conversión de cada uno de los vehículos que forman parte del proyecto, pero su tasa de retorno es alta y rápida.
  
11. Dentro de los costos por rubros en el Sistema de Autoconsumo de Gas LP el más alto es el costo del proyecto mecánico debido a los costos de la bomba de trasiego y del medidor de flujo, los cuales aparte de ello deben ser importados.
  
12. El sistema de conversión de vehículos tiene un costo alto, pero su recuperación es rápida dependiendo del rodaje (kilometraje) del vehículo que lo tenga debido al consumo de combustible y la diferencia de precio entre el Gas LP y la Gasolina.
  
13. Existe un vacío legal en lo referente a la conversión de motores de gasolina a Gas LP.

## RECOMENDACIONES

1. El Estado Costarricense debe fomentar el desarrollo de proyectos de este tipo brindando un adecuado marco legal y técnico para el desarrollo de combustibles alternativos que brinden oportunidades económicas y ecológicas al sector comercial, industrial y del transporte.
2. Las empresas nacionales, especialmente de flotillas grandes deben de retroalimentarse en los temas de combustibles alternativos a fin de ser más competitivas, especialmente en el tema de distribución y comercialización de sus productos.
3. En el país se debe fomentar la creación de negocios de representación de productos especiales y de comercialización específica para el uso de nuevas tecnologías en equipos con precios competitivos y accesibles al público.
4. Los productos de origen estadounidense son los más recomendables para efectos del presente proyecto, debido a su apego a las normas que se han involucrado en este mismo proyecto.
5. En la medida de lo posible se deben establecer políticas para motivar que el personal que emplea los vehículos utilitarios use solo el combustible que se suministra a través del Sistema de Autoconsumo de Gas LP.
6. Para efectos del diseño de los Sistemas de Gas LP como el presente el ingeniero debe estimar con un espíritu de optimización y economía un tamaño de tanque propicio que garantice el suministro continuo del combustible se mantener inventarios ociosos del producto para obtener un tamaño de tanque adecuado y con una rotación correcta.



7. La conversión de vehículos a Gas LP se debe hacer de tal manera que se prioricen los vehículos con un kilometraje más regular para garantizar que la tasa de retorno de combustible sea alta desde el principio.
  
8. Debido a la inexistencia de un marco legal en el tema de las conversiones de vehículos se debe elegir un taller de instalación de equipos de conversión con una amplia trayectoria y que garantice adecuadamente la confiabilidad del equipo mediante un servicio continuo.



## BIBLIOGRAFÍA

### Libros y periódicos

Barboza, C.: **Informe Final: Praxair Costa Rica, Programa de Mantenimiento Preventivo y Programa de Lubricación**, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Julio 1997.

Bolaños, G.: **El ABC del mantenimiento**. Editorial Tecnológica,. Costa Rica, 2005.

Crane: **Flujo de Fluidos en válvulas, accesorios y tuberías**. McGraw-Hill, México, 1992.

Decreto 30131-S-MINAE Reglamento para la Regulación del Sistema de Almacenamiento y Comercialización de Hidrocarburos. 2001. Diario Oficial La Gaceta No.43. San José, CR. Mar, 1.

Gallardo, H.: **Elementos de Investigación Académica**. EUNED , Costa Rica, 1999.

Meneses, A.: **Informe Final: Fortech Macroabrasivos, S.A., Diseño de un Programa de Mantenimiento Preventivo a motores eléctricos. Levantamiento y análisis de la red eléctrica**. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Junio, 2006

Moubray, J.: **Mantenimiento Centrado en Confiabilidad**. Aladon, 3 ed., España, 2000.

NFPA (National Fire Protection Associate, USA). 1999. **NFPA 70 Código Nacional Eléctrico**



NFPA (National Fire Protection Associate, USA) 1998. **NFPA 58 Código del Gas Licuado de Petróleo.**

Tavares, L.: **Administración Moderna de Mantenimiento.** Novo Polo Publicacoes, Brasil, 1999.

Valverde, J: **Administración del Mantenimiento,** Editorial Tecnológica, Costa Rica, 1996

#### Catálogos y Manuales

Actaris Metering Systems: **Catálogo TS-285: Oscillating Piston Flowmeter, 25.4 mm (1") RL100.** Rev. B, South Carolina, USA. 2003.

Bticino: **Catálogo Btdin 2000,** Edición Centroamérica, San José, Costa Rica, 2000.

Bticino : **Catálogo Legrand. Atlantic-Marina el armario que usted estaba esperando.** Italia, 1996.

Conducén, S.A.: **Manual Técnico General Phelps Dodge Centroamérica.** Costa Rica, 2002

Cooper Crouse-Hinds: **Code Digest 2002 Article 500-516 of the National Electrical Code with product recomendations for use in hazardous (classified) areas.** México, 2003.

Corken: **Installation, Operation & Maintenance Manual: Coro-Flo Pumps.** USA, Julio 2003.



ECII (Engineered Controls International, Inc.). **Manual de Servicio para el Instalador de Gas LP.** USA, 1962.

ECII (Engineered Controls International, Inc.). **Productos REGO, Catálogo L-102-SV. Equipos de Gas LP y Amoniaco Anhidro.** USA, 2000.

Siemens: Catálogo Sirius. **Comutación, Protección. Arranque. Reseña de producto SIRIUS.** Argentina, 2002.

Válvulas y Equipos, S.A.: **Catálogo 1999, No.4: Válvulas y Equipos,** Costa Rica, 1999.

### Seminarios

**Seminario: Microsoft Access: Su uso efectivo.** Cámara de Industrias de Costa Rica, (2006, San José, Costa Rica). 2006. Ed. R. Guido 94 p.

**Tutorial “Código Eléctrico: Complemento de seguridad para el diseño eléctrico”,** Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (2000, San José, Costa Rica). 2000. Ed. V. Rojas. 46 p.

### Correo Electrónico

SÁNCHEZ, M. 2006. **Manual de Instrucción para el uso del equipo para GLP.** (Correo Electrónico). San José, CR. ENERGAS. Recibido 6 feb. 2006.



## APÉNDICES

### APÉNDICE 3.A.1 ORDEN DE TRABAJO<sup>17</sup>

**Comentario [JPA1]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.3 adjuntos a este informe

---

<sup>17</sup> Para ver la información del apéndice correspondiente diríjase a la Carpeta “**Apéndices Cap.3**” adjunta en el Disco Compacto del presente informe.



### APÉNDICE 3.A.2 HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS

**Comentario [JPA2]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.3 adjuntos a este informe



### APÉNDICE 3.A.3 HISTORIAL DE REPARACIONES

**Comentario [JPA3]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.3 adjuntos a este informe



#### APÉNDICE 3.A.4 REQUISICIÓN A BODEGA

**Comentario [JPA4]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.3 adjuntos a este informe



### APÉNDICE 3.A.5 COMPARATIVO DE GASTOS

**Comentario [JPA5]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.3 adjuntos a este informe



### APÉNDICE 3.B CODIFICACIÓN DE EQUIPOS

**Comentario [JPA6]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.3 adjuntos a este informe



### APÉNDICE 3.C HOJAS DE TRABAJO RCM DE EQUIPOS

**Comentario [JPA7]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.3 adjuntos a este informe



APÉNDICE 3.D MANUAL DE INSPECCIONES DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO

**Comentario [JPAB]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.3 adjuntos a este informe



## APÉNDICE 5.A PROPIEDADES DEL GAS LP<sup>18</sup>

**Comentario [JPA9]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.5 adjuntos a este informe

---

<sup>18</sup> <sup>18</sup> Para ver la información del apéndice correspondiente dirijase a la Carpeta “**Apéndices Cap.5**” adjunta en el Disco Compacto del presente informe.



APÉNDICE 5.B RENDIMIENTOS DE VEHÍCULOS EN  
GAS NACIONAL ZETA, S.A.

**Comentario [JPA10]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.5 adjuntos a este informe



## APÉNDICE 5.C EXTRACTOS DE CATÁLOGO REGO

**Comentario [JPA11]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.5 adjuntos a este informe



APÉNDICE 5.D TABLA DE DISTANCIAS EN METROS  
(DECRETO 30131-S-MINAE)

**Comentario [JPA12]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.5 adjuntos a este informe



## APÉNDICE 5.E UBICACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOCONSUMO DE GAS LP

**Comentario [JPA13]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.5 adjuntos a este informe



## APÉNDICE 5.F HOJA TÉCNICA MEDIDOR NEPTUNE

**Comentario [JPA14]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.5 adjuntos a este informe



APÉNDICE 5.G EXTRACTOS DE CATÁLOGO DE BOMBAS  
CORKEN CORO-FLOW

**Comentario [JPA15]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.5 adjuntos a este informe



## APÉNDICE 5.H CARACTERÍSTICAS DEL CABLE THHN

**Comentario [JPA16]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.5 adjuntos a este informe



## APÉNDICE 5.1 CARACTERÍSTICAS DE PROTECCIONES PARA EL MOTOR DE LA BOMBA

**Comentario [JPA17]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.5 adjuntos a este informe



## APÉNDICE 5.J PROTECCIÓN DE CORTO CIRCUITO PARA RAMALES ELÉCTRICOS

**Comentario [JPA18]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.5 adjuntos a este informe



APÉNDICE 5.K EXTRATOS CATÁLOGO CROUSE-HINDS DE ELEMENTOS "A  
PRUEBA DE EXPLOSIÓN"

**Comentario [JPA19]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.5 adjuntos a este informe



APÉNDICE 5.L EXTRACTO ART. 58.3.3 DECRETO 30131-S-MINAE

**Comentario [JPA20]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.5 adjuntos a este informe



## APÉNDICE 5.M LÁMINAS MECÁNICA Y ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE AUTOCONSUMO<sup>19</sup>

**Comentario [JPA21]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.5 adjuntos a este informe

---

<sup>19</sup> Para observar la información en versión electrónica del presente apartado debe instalar en su computadora el programa AUTOCAD 2000 o versión superior.



APÉNDICE 5.N ANTEPROYECTO PRAXAIR DE GAS LP

**Comentario [JPA22]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.5 adjuntos a este informe



APÉNDICE 5.0 MANUAL DEL USUARIO.  
ENERGAS

**Comentario [JPA23]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.5 adjuntos a este informe



APÉNDICE 5.P VEHÍCULOS UTILITARIOS DE PRAXAIR  
(COTIZACIÓN PARA CONVERSIÓN)

**Comentario [JPA24]:** Por favor vaya a la carpeta Apéndices Cap.5 adjuntos a este informe