

**EVALUACIÓN TÉCNICO FINANCIERA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL
GAS DE PRODUCCIÓN COMO GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PARA LOS EQUIPOS DE WELL TESTING EN UN CAMPO COLOMBIANO**

**GERARDO ANDRÉS CASTAÑEDA ROJAS
LUIS MAURICIO OJEDA NARANJO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2017

**EVALUACIÓN TÉCNICO FINANCIERA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL
GAS DE PRODUCCIÓN COMO GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PARA LOS EQUIPOS DE WELL TESTING EN UN CAMPO COLOMBIANO**

**GERARDO ANDRÉS CASTAÑEDA ROJAS
LUIS MAURICIO OJEDA NARANJO**

Trabajo de grado para optar por al título de Ingeniero de Petróleos

Director:

**JOHN ALEXANDER LEÓN PABÓN
Magíster en Ingeniería de Hidrocarburos**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2017

DEDICATORIA

*Si nos tomamos el tiempo de analizar,
Sin importar lo locos y con problemas que no sintamos,
Podemos encontrar algo que agradecer.*

Gracias Dios por esta etapa que finaliza y esta nueva etapa que comienza por la suerte de estar con mi familia por los motivos para seguir luchando por la vida. Te doy las gracias por mis padres por mis hermanos por mi esposa y mis hijos por permitirme ser feliz al lado de los que me quieren y por permitirme verlos sonreír día al día.

Gracias a mis padres (Luis Gerardo Castañeda Betancourt ,Olga licia rojas Vargas) por no desfallecer nunca por el apoyo incondicional que han sido en mi vida, por las enseñanzas trasmitidas con amor por el esfuerzo por salir y sacarme adelante por todas las cosas maravillosas que gracias a su corazón tienen para ofrecer a las personas Que los rodean.

Gracias a mi esposa (Laura patricia Castañeda moreno) y mis hijos (Alejandro y Felipe) por ser el motor de mi vida por ser la luz de esperanza que me acompaña durante mi camino, por ser la alegría que motiva mi felicidad y mi compañía.

Un agradecimiento muy especial a nuestra alma mater (la universidad industrial de Santander) a los docentes que guiaron nuestros conceptos y aprendizaje para una mejor educación en la escuela de ingeniería de petróleos, Al M. Sc John Alexander León Pabón por la paciencia profesionalidad amistad y colaboración Para el desarrollo de este proyecto.

Deseo reconocer mi agradecimiento a mi compañero de estudio (Luis Mauricio Ojeda naranjo) durante el desarrollo de esta tesis de análisis y discusión siempre constructivos, para generar de la forma más adecuada nuestro proyecto y así poder culminar con éxito esta etapa educativa.

Por ultimo quiero agradecer a todas las personas que de una u otra manera han sido un soporte para mi vida tanto educativa como personal y han estado presentes para dar algún consejo una palabra de apoyo.

Gerardo Andrés Castañeda Rojas

DEDICATORIA

Hoy, pese a las grandes dificultades que se han presentado doy fin a una etapa de mi vida, quizás una de las más difíciles, pero no por lo difícil deja de ser una de las mejores de mi vida. Ha sido un camino de grandes tropiezos, grandes decepciones, pero también ha sido un camino en el que he conocido a grandes seres humanos, excelentes amigos y excelentes profesionales que se encargaron de formarme como profesional y sobre todo como persona.

Doy gracias a la Universidad Industrial de Santander, a la sede de Barbosa por acogerme en los primeros semestre de mi carrera y donde pude conocer a la mujer que me acompañó a lo largo de mi carrera y ha sido un apoyo incondicional en mi vida, gracias Yuri Alejandra Acevedo por ser ese ángel que Dios me puso para nunca desfallecer.

También doy gracias a la Escuela de Ingeniería de petróleo por contar con los mejores profesionales de nuestra profesión, los cuales me atrevo a afirmar me educaron para ser un profesional de la industria petrolera a cabalidad.

Le doy gracias a mi director de tesis (M.Sc John Alexander León Pabón), que más que un docente fue un guía, un modelo a seguir como profesional y un excelente apoyo durante el desarrollo de este proyecto.

A mi compañero de tesis, Gerardo Andrés Castañeda, que aunque con algunos tropiezos y “rabieta” logramos proyectar de la mejor manera un proyecto en el cual dedicamos grandes jornadas de trabajo e investigación.

Gracias Dios por ayudarme en mi camino, y sobre todo por darme los mejores padres del mundo. Mi madre Beatriz Naranjo, la cual con su gran carácter y luchadora sin cansancio jamás dudo en apoyarme en los momentos más difíciles

de mi vida; a mi padre Luis Eduardo Ojeda Peña, un ser ejemplar, un padre modelo, una persona a la que he admirado desde pequeño; gracias padres por tu sacrificio, mi Dios y yo los recompensaremos y sobretodo los honraremos como persona y como profesional.

Gracias también a todas las personas que se cruzaron en el desarrollo de mi vida como profesional, amigos inolvidables, familias que me adoptaron mientras compartíamos un apartamento como lo son la familia Aguilera Estupiñan, gracias por hacerme parte de ustedes, jamás olvidare cada una de las personas que compartieron con migo parte de sus vidas, mil gracias.

Por ultimo quiero dedicarle este título a la persona más importante en mi vida, mi hermosa hija Analucia Ojeda, hija desde que apareciste en mi vida me volviste una mejor persona, y es por ti que cada día es más bello a tu lado, todo en la vida desde que naciste lo hago por ti.

Mauricio Ojeda

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. WELL TESTING.....	18
1.1 SET BÁSICO DE WELL TESTING	18
1.1.1 Separador de prueba	18
1.1.2 Gauge tank (tanque de medición).....	19
1.1.3 Frac tank	20
1.1.4 Choke manifold.....	21
1.1.5 Líneas de flujo superficie.....	22
1.1.6 Bombas de transferencia.....	22
1.1.7 Bombas volumétricas rotativas.....	22
1.1.8 Compresor de aire	23
1.1.9 Generador eléctrico	24
1.1.10 Caseta de laboratorio.....	25
2. LA COMBUSTIÓN	27
2.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE COMBUSTIÓN	27
2.1.1 Estequiometria	27
2.1.2 Relación aire/combustible	29
2.1.3 Factor de aire.....	31
2.1.4 Temperatura de punto de rocío.....	36
2.2 TERMOQUÍMICA DE LA COMBUSTIÓN	37
2.2.1 Combustión a presión constante.....	39
2.2.2 Combustión a volumen constante.....	43
2.2.3 Temperatura de llama adiabática.....	45
2.2.4 Eficiencia de la combustión.....	46

2.3 CROMATOGRAFÍA DE GASES	48
3. GENERACIÓN ELÉCTRICA.....	49
3.1 GENERACIÓN ELÉCTRICA CON DIESEL (ESCENARIO ACTUAL).....	49
3.1.1 Proceso de Generación.	49
3.2 GENERACIÓN CON GAS	52
3.2.1 Parámetros para la generación con gas	52
3.2.2 Elección de del generador	56
3.3 GENERACIÓN ELÉCTRICA EN PLANTA Y TENDIDO ELÉCTRICO	57
4. ANÁLISIS FINANCIERO.....	58
4.1 FLUCTUACIÓN DE LOS PRECIOS DE LOS COMBUSTIBLES EN COLOMBIA.....	58
4.2 INGRESOS.....	61
4.3 DEPRECIACIÓN DE ACTIVOS FIJOS.....	61
4.4 ESCENARIO ACTUAL (DIESEL).....	62
4.4.1 Costos operativos	62
4.5 ESCENARIO PROPUESTO (GAS DE CAMPO)	62
4.5.1 Gastos únicos e iniciales.....	63
4.5.2 Costos operativos.	63
4.6 ANÁLISIS FINANCIERO.....	64
4.6.1 Valor presente neto (VPN).....	64
4.6.2 Tasa interna de retorno (TIR).....	64
4.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	65
5. CONCLUSIONES	69
6. RECOMENDACIONES.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	72
ANEXOS.....	77

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Separador de prueba	19
Figura 2. Tanque de medición	20
Figura 3. Frack tank	20
Figura 4. Choke manifold.....	21
Figura 5. Uniones de golpe	22
Figura 6. Bomba de desplazamiento positivo tipo paletas	23
Figura 7. Compresor de aire comprimido.....	24
Figura 8. Generador eléctrico	25
Figura 9. Coeficiente de exceso de aire.....	33
Figura 10. Coeficiente de exceso de aire.....	34
Figura 11. Cámara de Combustión	39
Figura 12. Comportamiento de un reactor de flujo estable isobárico e isotérmico	40
Figura 13. Proceso de generación con diésel.....	51
Figura 14. Variación de los precios de combustibles en colombia.....	60
Figura 15. Precios nacionas vs precios internacionales 2013 - 2016	60
Figura 16. TIR	68

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Cromatografía del gas de campo.....	52
Tabla 2. Propiedades del Gas de campo.....	54
Tabla 3. Requisitos Mínimos Para Combustibles Gaseosos - 1	54
Tabla 4. Requisitos mínimos para combustibles gaseosos - 2	55
Tabla 5. Requisitos mínimos para combustibles gaseosos - 3	56
Tabla 6. Variación de los precios de los combustibles en el último año	59
Tabla 7. Gastos mensuales generador diesel.....	62
Tabla 8. Inversión generador a gas	63
Tabla 9. Gastos, generador a gas.....	63
Tabla 10. Análisis de resultados a 1 año	65
Tabla 11. Tiempo de recuperación de la inversión	67

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Cálculos de combustión	77
ANEXO B. Cálculos de presupuestos de Cambio de tecnología	86
ANEXO C. Grupos generadores - HIMOINSA ENERGY	90
ANEXO D. Grupos generadores - GENERAC	115

RESUMEN

TÍTULO: EVALUACIÓN TÉCNICO FINANCIERA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL GAS DE PRODUCCIÓN COMO GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS EQUIPOS DE WELL TESTING EN UN CAMPO COLOMBIANO*

AUTOR GERARDO ANDRÉS CASTAÑEDA ROJAS**
LUIS MAURICIO OJEDA NARANJO

PALABRAS CLAVES: GAS DE PRODUCCIÓN, EQUIPOS DE WELL TESTING, GENERADOR ELÉCTRICO

DESCRIPCIÓN

Los equipos de well testing han sido el mejor modo de acompañamiento en la producción de los campos de crudo y gas, las cuales se realizan en diferentes etapas en el desarrollo de los campos, generando de este modo excelentes resultados para la optimización de la producción y vida de un campo petrolero. Sin embargo una de las grandes desventajas de este es la necesidad de emplear energía eléctrica para el funcionamiento de sus equipos.

Una gran parte de los campos colombianos cuentan con el funcionamiento de grupos electrógenos que funcionan con combustible diésel generando un gran consumo de este e incrementando sus costos de producción. Dicho esto se deben analizar diferentes propuestas para reducir el costo que generan este grupo de generadores y optar por otras opciones mucho más útiles para la industria y que sean más amigables con el medio ambiente como lo son la implementación de generadores que funcionen con el gas que se esté desperdiciando en el campo petrolero.

Para esto, el gas de campo debe de tener ciertas características como lo son su poder calorífico y un bajo contenido de ciertos componentes perjudiciales para este tipo de generadores, los cuales analizamos en este proyecto.

Así mismo en este proyecto se plantea el estudio financiero para implementación de este tipo de generador con gas y se hace un análisis respecto a estos dos generadores (diésel y gas) para realizar la mejor recomendación para alimentar los generadores que suministran la energía eléctrica de los equipos de well testing.

* Trabajo de grado

** Facultad de ingenierías fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director: M. SC John Alexander León Pabón. Magíster en Ingeniería de Hidrocarburos

SUMMARY

TITLE: TECHNICAL FINANCIAL EVALUATION FOR THE USE OF GAS PRODUCTION AS AN ELECTRIC POWER GENERATOR FOR THE BELL TESTING EQUIPMENT IN A COLOMBIAN FIELD.

AUTHOR GERARDO ANDRÉS CASTAÑEDA ROJAS**
LUIS MAURICIO OJEDA NARANJO

KEY WORDS: GAS PRODUCTION, BELL TESTING EQUIPMENT, ELECTRIC GENERATOR.

DESCRIPTION

Well-tested equipment has been the best way to accompany the production of the oil and gas fields, which are carried out at different stages in the development of the fields, thus generating excellent results for the optimization of production and life time of an oil field however, one of the great disadvantages of this is the need to use electrical energy for the operation of its equipment.

A large part of the Colombian fields, have with the functioning of the generators that work with the fuel that generates a great consumption of it and the increase of its costs of production. That said, we must analyze other proposals to reduce the cost generated by this group of generators and choose for other options much more useful to the industry and more environmentally friendly such as the implementation of generators that work with the gas despaired in the oil field.

Given this fact, field gas must have certain characteristics such as its calorific power and a low content of certain components detrimental to this type of generators, which we analyze in this project.

Also in this project the financial study for the implementation of this type of generator with the gas is presented and an analysis is made regarding these two generators (diesel and gas) to make the best recommendation to feed the generators that supplies the electrical power of well testing teams.

* Degree work

** Faculty of physicochemical engineering. School of Engineering of Petroleos. Director: M. SC John Alexander León Pabón. Master in Hydrocarbon Engineering

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos inmemoriales la industria del petróleo a tratado de buscar optimizar al máximo las ganancias en sus campos de producción, aprovechando hasta el más mínimo detalle la extracción de todos los componentes que encontramos junto con el tan deseado crudo. Uno de ellos es nuestro gas de campo el cual genera grandes molestias en algunas ocasiones pues al no poseer caudales tan grandes, se nos dificulta su comercialización y genera grandes contaminantes al ser expulsado y quemado en el medio ambiente

Esta investigación tiene propósito de estudio técnico financiera para el aprovechamiento del gas de producción como generador de energía eléctrica para los equipos de Well Testing en un campo colombiano, el punto principal de la investigación que presenta se genera con el fin de establecer una propuesta viable para la generación de energía eléctrica a partir de una inversión inicial y sus costos operativos.

De este modo el planteamiento y desarrollo de la tesis se establece a partir de una pregunta ¿Es factible técnica y económicamente un sistema de aprovechamiento del gas de producción como generador de energía eléctrica para los equipos de well testing en un campo colombiano?

Esta pregunta generara algunos objetivos a alcanzar para dar cumplimiento al postulado final como lo son .Definir la energía requerida y el caudal de gas necesario para la implementación del sistema de producción de energía eléctrica para los equipos, Además Estimar los costos de construcción de las facilidades para la implementación del sistema de producción de energía a partir del gas de producción, para Realizar la evaluación técnica y financiera de la implementación del proyecto y asimismo Maximizar el uso de recursos propios

del campo, aprovechando el gas natural como recurso para reducir costos y generar energía a partir de generadores.

Tomando como base una metodología de investigación lógica procedemos a hacer el estudio correspondiente a los generadores eléctricos que suplen la necesidad de energía para los procesos de estudio de Well Testing en el campo. Y así generar la búsqueda correspondiente para suplir de la manera más eficiente el cambio de equipos (facilidades de superficie) teniendo en cuenta los factores más importantes para que el sistema genere la cantidad de energía requerida por el sistema y garantizando la capacidad de energía sea igual o mayor a la generada con el sistema actual, para eso se genera un estudio técnico para determinar si el gas de producción es suficiente y posee las características fisicoquímicas y termodinámicas para utilizarlo para la generación eléctrica en sitio, y a continuación determinar la capacidad energética (BTU/h) necesaria para alimentar los generadores para proceder a la búsqueda de equipos con características similares o mejores que los actuales con la diferencia del sistema de combustión que en nuestro caso sería en base gas (gas de producción de pozo) con el cual garantizaremos un ahorro económico generando un menor costo y mayor beneficio al tomar como principal componente fuentes de energía desperdiciadas en el campo, finalmente se realiza un análisis financiero en el cual se toman en cuenta los costos iniciales, costos de operación, costos imprevistos y los tiempos de producción en el cual el gas puede generar correctamente la cantidad de energía eléctrica para el buen funcionamiento del sistema. Para lograr la generación en distintos escenarios y la viabilidad de los mismos para el campo escogido.

1. WELL TESTING

Las pruebas de well testing son un conjunto de actividades planificadas sigilosamente para la obtención de datos que ayuden a caracterizar de una mejor manera nuestro yacimiento y en si cada pozo que pertenezca a dicho yacimiento y de esta manera poder sacar el mejor provecho a dicho yacimiento.

En si el objetivo general de las pruebas de well testing consiste en identificar la capacidad del yacimiento para producir hidrocarburos.

1.1 SET BÁSICO DE WELL TESTING

A continuación describiremos cada uno de los equipos que conforman el set básico de well testing, aunque en si la gama de equipos que conforman estas pruebas es mucho más amplio los equipos que se describen a continuación son los más relevantes dentro de esta prueba.

1.1.1 Separador de prueba. El separador de prueba es el equipo encargado de separar el fluido proveniente del pozo en dos o tres fases, este depende de su diseño; es la pieza fundamental del set de Well Testing y con el que se debe tener mayor cuidado en la operación, pues opera a altas presiones y con fluidos inflamables, debe ser empleado por personal altamente capacitado debido al peligro y responsabilidad que este representa.

Figura 1. Separador de prueba



Fuente: Mejoramiento del plan de mantenimiento de los equipos de petrotiger en la base de acacias. 2012

1.1.2 Gauge tank (tanque de medición). Los tanques de medida están provistos con doble compartimiento con el fin de facilitar el desalojo de uno de ellos, mientras que en el otro se sigue recibiendo y midiendo.

Poseen compuertas de ventilación y visores. Tienen una constante de aforo volumétrico en bbl/cm según sus medidas físicas, con el fin de permitir el cálculo de la tasa de flujo promedio del pozo según la altura del nivel de líquido. Estos Tanques de calibración o medición, generalmente poseen dos compartimentos de aproximadamente 50 bbls cada uno.

Figura 2. Tanque de medición



Fuente: SUNRY PETROLEUM EQUIPMENT CO. LTD. 2009

1.1.3 Frac tank. Tanques de almacenamiento confinados, que sirven para almacenar fluido, y donde se pueden tratar para mejorar las propiedades de los líquidos allí depositados. Todo tanque debe tener una capacidad, aprobado por un representante del Ministerio de Minas y Energía.

Figura 3. Frack tank



Fuente. Alquicer S.A. 2017

1.1.4 Choke manifold. El Choke Manifold es un conjunto de válvulas y choques que permiten controlar la presión y flujo de un pozo. Generalmente se encuentran disponibles para configuraciones de 5000, 10000 y 15000 psi, cuentan con dos tipos de choque, uno ajustable y otro fijo, los cuales pueden ser aislados entre sí mediante un juego de válvulas de bypass para permitir el cambio de diámetro de choque. También se puede armar con dos choques fijos, estos son especiales para manejo de gas ya que resisten más la abrasión.

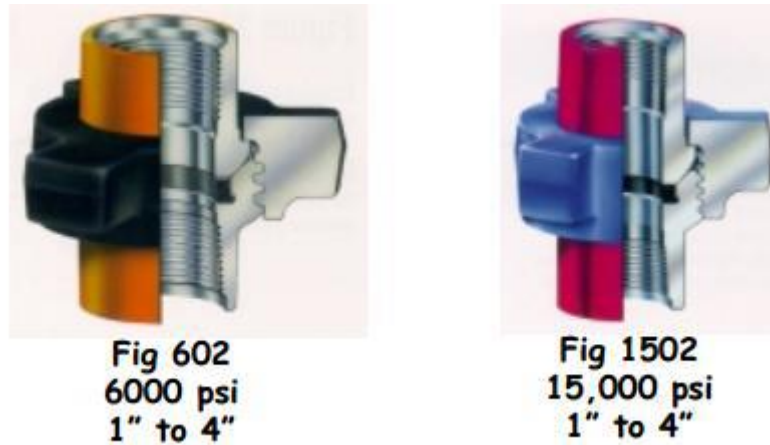
Normalmente está compuesto por una conexión de entrada del tipo unión Weco o también llamada unión de golpe. Dependiendo de la presión de trabajo y del diámetro del Choke Manifold, será la conexión (las más usadas en nuestro medio son las Fig.1502 (10K) y 602 (6K)); luego se tiene un conjunto de válvulas de compuerta, dos brazos por donde circula el flujo y en uno de los cuales se aloja un Choke fijo o positivo y un Choke estrangulable o ajustable.

Figura 4. Choke manifold



Fuente. Generalidades de well testing. Lupatech

Figura 5. Uniones de golpe



Fuente. Generalidades de well testing. Lupatech

1.1.5 Líneas de flujo superficie. Una línea de superficie es el conjunto de tubos ensamblados entre sí que se tienden desde la cabeza del pozo hasta el Choke Manifold y desde éste hasta el separador, donde finalmente se tienden dos o tres líneas, para conducir diferentes fluidos como los de formación (crudo, gas y agua), ácidos, salmueras, entre otros, hacia los tanques de medida (Gauge Tanks) y/o Tanques de Almacenamiento (Frak Tanks).

1.1.6 Bombas de transferencia. Este tipo de bombas sirve para enviar el fluido desde el tanque de medida hasta el tanque de recolección. Consiste en una bomba centrífuga que funciona con motor eléctrico cuyo rango varía de 3000 BOPD a 30 BOPD para servicios estándares.

1.1.7 Bombas volumétricas rotativas. La masa fluida es confinada en uno o varios compartimentos que se desplazan desde la zona de entrada (de baja presión) hasta la zona de salida (de alta presión) de la máquina. Algunos ejemplos de este tipo de máquinas son la bomba de paletas, la bomba de lóbulos, la bomba de engranajes, la bomba de tornillo o la bomba peristáltica.

Figura 6. Bomba de desplazamiento positivo tipo paletas



Fuente: Mejoramiento del plan de mantenimiento de los equipos de petrotiger en la base de acacias. 2012

1.1.8 Compresor de aire. Debido a que las válvulas de control trabajan con un sistema neumático, se necesita un compresor para proporcionar el aire de instrumentación. El compresor funciona con un motor eléctrico que enciende cuando la presión disminuye a 60 psi y se apaga cuando el compresor ha cargado a 100 psi de forma automática (algunos compresores están calibrados a otras condiciones).

En caso de falla del compresor, existe otra alternativa que consiste en proporcionar alimentación con el mismo gas del separador siempre y cuando éste sea dulce, es decir que no contenga gases corrosivos como H₂S o CO₂ que puedan ocasionar serios daños a los instrumentos.

Figura 7. Compresor de aire comprimido



Fuente: Mejoramiento del plan de mantenimiento de los equipos de petrotiger en la base de acacias. 2012

1.1.9 Generador eléctrico. Es el eje principal de la operación. De éste depende el funcionamiento de los equipos, ya que un corte del sistema de energía obligaría a la parálisis de las operaciones, pues la planta o generador eléctrico alimenta la caseta - laboratorio, el compresor, la bomba de transferencia y las lámparas de alumbrado, en si todo el equipo del well testing que necesite ser alimentado con corriente eléctrica.

Figura 8. Generador eléctrico



Fuente. Himoinsa energy.

1.1.10 Caseta de laboratorio. La caseta de laboratorio es el cuarto donde se encuentran ubicados todos los equipos necesarios para realizar el análisis físico-químico de las muestras de fluidos obtenidas durante una prueba de producción. Dentro de ella podemos encontrar implementos básicos como:

- Gradilla de madera para zanahorias.
- Zanahorias de 100 ml.
- Centrífuga.
- Hidrómetro 9 - 21 °API
- Hidrómetro 19 - 31 °API
- Hidrómetro 29 - 41 ° Probeta de vidrio 1000 ml.
- Flexómetro certificado.
- Reactivo de AgNO_3 0.0282 N - 0,282 N.
- Pipeta aforadas volumétricamente de 1, 2, 5, 10 l.
- Termómetro 12 F.

- Papel de PH.
- Crisol.
- Guantes de nitrilo.
- Reactivo rompedor universal.
- Reactivo dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$ al 5%.
- Manómetros 0-100, 0-200, 0-600, 0-1000 , 0-2000 0- 5000 y de 0-10000
- Sellos de 2 y 3 pulgadas para las uniones de golpe.
- Computador adquisición de datos con impresora.
- Baño de María.
- Equipo control de derrames.
- Beakers 50 y 100 ml .
- Gravitometro RANAREX.

2. LA COMBUSTIÓN

La combustión es un proceso químico en el cual una sustancia reacciona rápidamente con el oxígeno y desprende calor. La sustancia original se llama el combustible, y la fuente de oxígeno se llama el oxidante. El combustible puede ser sólido, líquido o gas.

2.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE COMBUSTIÓN

Con el fin de dar entendimiento al concepto y a los componentes claves de la combustión se explicara de forma breve y con algunos ejemplos en la siguiente sección

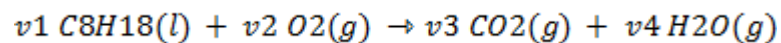
2.1.1 Estequiometria. Es la proporción teórica en que se combinan las sustancias químicas en una reacción química. La ecuación estequiometria de una reacción química relaciona moléculas o número de moles de todos los reactivos y productos que participan de la reacción, proceso mediante el cual una o más sustancias sufren un proceso de transformación. Los cálculos estequiométricos son la parte inicial de los ingenieros para hacer los estudios correspondientes hornos, calderas, calentadores y diferentes dispositivos utilizados en la industria estos cálculos permiten obtener información sobre

- Cantidades exactas de reactivos para hallar un producto determinado para así fijar que equipos de transferencia de calor son necesarios
- Composición de reactivos y cantidad de aire requerida para quemar un combustible para así hallar la dimensión necesaria de ductos de ventilación

- La composición de humos nos servirá para tener conocimiento si la transferencia de calor es óptima y así monitorear los excesos o falta de aire de la combustión y formular como es más eficiente el proceso

Para calcular las proporciones según las cuales los componentes del gas sirven como combustible de los generadores de energía se necesita de cálculos estequiométricos que permitan dar a conocer cómo se llevará a cabo la combustión del gas.

En el siguiente ejemplo mostraremos un balance estequiométrico para mostrar su realización



(Ecuación 1)

$v_1, v_2 =$ entrada de moles

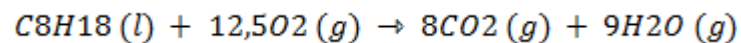
$v_3, v_4 =$ salida de moles

C: $8 = v_3$ (moles de carbonos)

H: $18 = 2 * v_4 \rightarrow v_4 = 9$ (moles de hidrógenos)

O: $2 * v_2 = 2 * v_3 + v_4 \rightarrow 2 * v_2 = 25 \rightarrow v_2 = 12,5$ (moles de oxígeno)

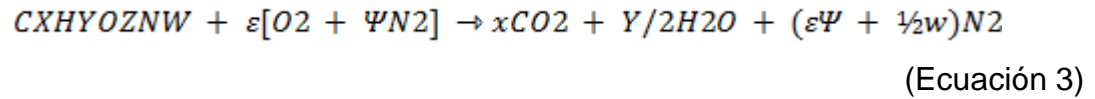
La ecuación balanceada se muestra a continuación, como ecuación 2:



(Ecuación 2)

Se necesitan 12,5 moles de O₂ para oxidar 1 mol de C₈H₁₈, a esta cantidad de oxígeno se le llama *oxígeno teórico*.

Como concepto general, la ecuación química para la combustión teórica de 1 mol de hidrocarburos de fórmula general $CXHYOZNW$



Número de moles de oxígeno teórico:

$$X + \frac{1}{4}Y - \frac{1}{2}Z$$

$$\Psi = 3,77 \rightarrow \text{Para la oxidación con aire}$$

$$\Psi = 0 \rightarrow \text{Para la oxidación con } O_2 \text{ puro.}$$

1 mol de $CXHYOZNW$ requiere $\varepsilon * (\Psi + 1)$ moles de oxidante para producir:

$$X + \frac{1}{2}(Y + W) + \varepsilon\Psi \rightarrow \text{moles de producto}$$

(Ecuación 4)

Los productos de la combustión generalmente están en forma gaseosa. A los humos a presión ambiente se les puede tratar como una mezcla de gases ideales.

2.1.2 Relación aire/combustible. La relación aire-combustible es necesaria para determinar la cantidad de aire que se necesita por masa de combustible que se tiene.

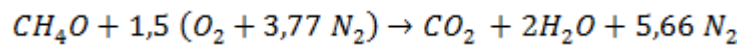
Si el comburente es el aire atmosférico se tiene que:

$$0,2095 \left(32 \frac{g}{mol}\right) + 0,7905 \left(28 \frac{g}{mol}\right) = 28,97 \frac{g}{mol} \text{ (masa molar del aire)}$$

Por cada mol de O₂ requerida para la combustión, se requieren 4,77 moles de aire. En términos de masa por cada kg de O₂ se requieren 4,32 Kg de aire.

La mínima cantidad de aire requerido para oxidar un combustible se le denomina aire teórico.

En el siguiente ejemplo reforzaremos los conceptos anteriores:



(Ecuación 5)

La relación entre la masa de aire teórico y la masa de combustible se denomina relación aire combustible (A^o):

$$A^o = \frac{m_{\text{aire teórico}}}{m_f}$$

(Ecuación 6)

$$A^o = \frac{\text{moles de oxígeno teórico} * \text{moles de aire} * M \text{ del aire}}{(\#carb * MC) + (Hidr * MH_2) + (\#oxig * MO_2)}$$

(Ecuación 7)

De donde:

MC: Masa molecular del Carbono

MH₂: Masa molecular del Hidrogeno

MO₂= Masa molecular del Oxigeno

Con estos datos podemos calcular la relación aire combustible del ejemplo anterior, el valor 138,3 es constante y se calcula multiplicando las moles de aire con el peso molecular del aire.

Remplazando en la ecuación 6 se obtiene:

$$A^o = \frac{1,5 (138,3)}{32} = 6,48 \frac{Kg \text{ aire}}{Kg \text{ combustible}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$A^o = \frac{138,3 * \epsilon}{m_f} = 4,77 * 28,97 = 138,3 \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$m_f = 12X + Y + 16Z + 14W \quad (\text{Ecuación 9})$$

Si conocemos el último análisis del combustible, entonces la relación aire-combustible teórica también la podemos calcular de la siguiente manera:

$$A^o = 1,44 (8C + 24H + 3,5 - 3O) \quad (\text{Ecuación 10})$$

C, H, S, O → Fracciones másicas en el combustible

En los cálculos de combustión se asume que el aire está seco, al no ser que en el problema planteado se diga otra cosa.

2.1.3 Factor de aire. Secuencia de reacciones químicas entre combustible y comburente (un oxidante), en un quemador donde se combinan el combustible generalmente aire, preparándolos para la combustión por la cual se genera energía calórica.

La zona en la cual hay este efecto se llama cámara u horno de combustión cumple con las siguientes funciones

Redistribución de almacenamiento de calor

Permitir el ingreso de combustible y aire

Mezclar los reactantes

Confinamiento de reactantes y productos

En la combustión completa de un hidrocarburo, se oxida totalmente el carbono el hidrogeno el azufre (si lo hay) y se forma *CO₂, H₂O y SO₂*

La combustión típica se genera con exceso de aire en exceso, se introduce en la cámara de combustión para asegurar que las moléculas queden rodeadas Por suficiente aire de combustión y se genera oxígeno sin reaccionar.

Sea α , el factor de aire de la combustión.

$$\alpha = A / A^{\circ}$$

(Ecuación 11)

A = Relación aire combustible real

A° = Relación aire combustible teórica

Si $\alpha > 1$, mezcla pobre, requiere combustión oxidante

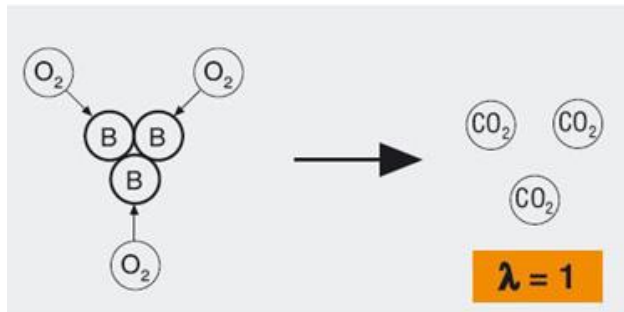
Si $\alpha < 1$, mezcla rica, se requiere combustión reductora

2.1.3.1 El factor de exceso de aire: El aire de combustión proporciona el oxígeno necesario para la combustión. Está compuesto por nitrógeno (N₂), oxígeno (O₂), bajos volúmenes de gases inertes y una parte variable de vapor de agua. En algunos casos, se utiliza para la combustión oxígeno puro o una mezcla de oxígeno y aire. Los principales constituyentes del aire de combustión

(con la excepción del oxígeno, que se consume durante la combustión) se encuentran en los gases de combustión.¹

Modelo de una combustión ideal:

Figura 9. Coeficiente de exceso de aire



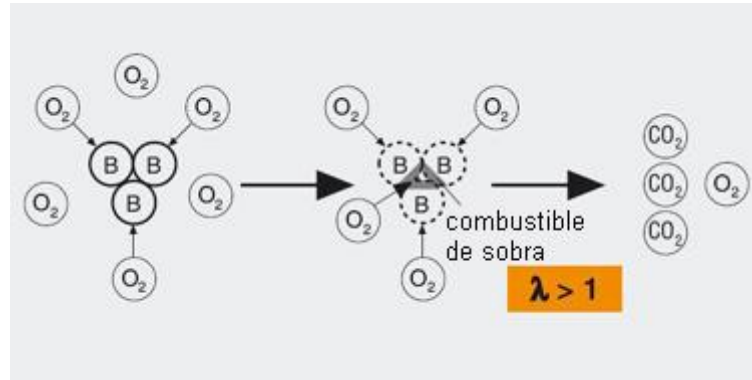
Fuente: ACADEMIA ONLINE. Aire de combustión, coeficiente de exceso de aire. Disponible en: <http://www.academiatesto.com.ar/cms/inicio> 2010

La cantidad de oxígeno suministrado es suficiente para quemar totalmente el combustible presente; no hay exceso de oxígeno ni de combustible.

Modelo de la combustión con exceso de aire:

¹ ACADEMIA ONLINE. Aire de combustión, coeficiente de exceso de aire. 2010. Disponible en: <http://www.academiatesto.com.ar/cms/inicio>

Figura 10. Coeficiente de exceso de aire



Fuente: ACADEMIA ONLINE. Aire de combustión, coeficiente de exceso de aire. Disponible en: <http://www.academiatesto.com.ar/cms/inicio>. 2010

Existen estados de funcionamiento en los que Lambda no siempre es 1. El llamado factor de exceso de aire da información sobre la relación de la mezcla de aire y combustible.

Si, por ejemplo, la mezcla contiene más combustible se habla de una mezcla rica (el motor funciona con escasez de aire). El factor de exceso de aire es de $\text{Lambda} < 1$.

Sin embargo, cuando la mezcla consta de poco combustible y relativamente mucho aire, se habla de una mezcla pobre. En la cámara de combustión se registra un exceso de aire. El factor de exceso de aire es de $\text{Lambda} > 1$.

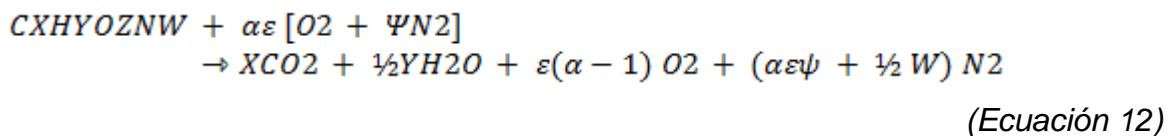
Determinación del coeficiente de exceso de aire:

El coeficiente de exceso de aire se puede determinar a partir de las concentraciones de los componentes de los gases de combustión CO , CO_2 y O_2 ; las correlaciones se muestran en lo que se denomina como el diagrama de combustión. Si el combustible y el aire se mezclan lo más perfectamente posible, hay un determinado contenido de CO (en el rango $\text{Lambda} < 1$) o un

determinado contenido de O₂ (en el rango Lambda > 1) para cada contenido de CO₂. El valor de CO₂ por sí solo no es claro debido a que el perfil de la curva va más allá del máximo, lo que significa que se requiere un ensayo adicional para establecer si el gas también contiene CO u O₂ además del CO₂. Para trabajar con exceso de aire (es decir, las condiciones normales), se prefiere ahora, en general, una medición de O₂. Los perfiles de la curva son específicos del combustible, es decir, hay un diagrama individual y en particular un valor máximo específico de CO₂ para cada combustible. Las relaciones entre estos numerosos diagramas se resumen frecuentemente en la práctica en forma de un ábaco ("triángulo de colores", no mostrado aquí).

Este se puede aplicar a cualquier tipo de combustible.

Se puede ahora escribir una ecuación general estequiométrica para la combustión completa de un HC de fórmula $CXHYOZNW$ con aire en exceso:

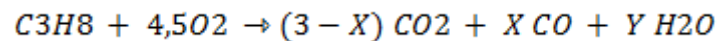


Cuando cualquiera de los elementos del combustible; C, H o S, no es completamente oxidado en el proceso de combustión. Resulta La combustión incompleta o imperfecta

Cuando en los humos producidos por ella hay gases combustibles (CO, H₂, aldehídos, etc.). Es una combustión es imperfecta

La combustión incompleta ocurre, principalmente cuando se suministra aire en defecto. En estas circunstancias no se puede determinar la composición de los productos sin una relación adicional (1era o 2da ley de la termodinámica). Sin

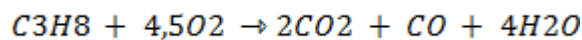
embargo lo más probable es que el hidrógeno se oxide completamente porque tiene una fuerte afinidad con el oxígeno. En tal caso, resulta que el único producto parcialmente oxidado es el CO, y tal vez C, y que los contenidos de O₂ y H₂ en los productos son cero. Esta es una suposición razonable si la temperatura es baja, menor a 3140.6 °F (2000 K) y permite calcular la composición.



(Ecuación 13)

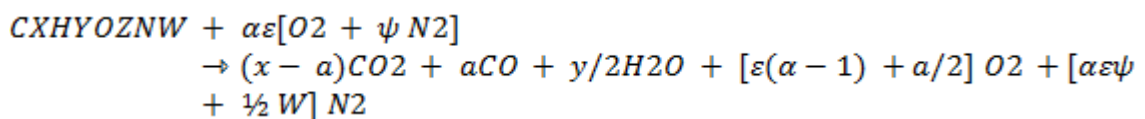
Balance de hidrógenos: $Y = 4$

Balance de carbonos: $3 = 2(3 - X) + X + Y \rightarrow X = 1$



(Ecuación 14)

Si en los productos aparece CO y O₂, estamos tratando con una combustión con aire en defecto y se tiene la ecuación 15 estequiométrica general:



(Ecuación 15)

2.1.4 Temperatura de punto de rocío. La importancia del agua y el vapor de agua en nuestro ambiente son enormes. Su intensa interacción con los sistemas biológicos asegura un lugar central en el ser humano. También, tiene un papel prominente en la industria, y una gran influencia en el clima.

Algunas de las más importantes áreas en las que la medición y/o control de concentraciones de agua figuran son: agricultura, aire acondicionado, secado, procesamiento de alimentos, procesamiento de textiles, electrónicos, ingeniería, refrigeración, meteorología, almacenamiento de materiales, y medicina. Pero, ¿Qué término utilizamos al medir la presencia de agua?: Presión Parcial de Vapor de Agua, Humedad Relativa, Humedad Absoluta, Temperatura de Punto de Rocío, Temperatura de Punto de Escarcha, Temperatura de Bulbo Húmedo, Razón de Masas, Entalpía; todos estos términos describen la humedad de un gas.

Una de las formas más utilizadas de medir la humedad en gases es el punto de rocío. La temperatura de rocío es la temperatura a la que empieza a condensar el vapor de agua contenido en el aire, produciendo rocío, niebla.

Es decir, es la temperatura a la cual el vapor de agua presente, alcanza su valor máximo o su condición de presión de saturación de vapor de agua con respecto al equilibrio con una superficie plana de agua.

En el caso de la temperatura de rocío en gases producto de una combustión es necesario tener en cuenta la presión a la que se encuentra dicho gas y la fracción molar del agua en los productos, de esta manera podemos mirar en las tablas termodinámicas el valor de dicha temperatura de saturación o presión. Esta temperatura será a la cual el agua se condensará en los productos.

2.2 TERMOQUÍMICA DE LA COMBUSTIÓN

En los procesos de combustión, la energía química del combustible es liberada en forma térmica.

La entalpia o calor de formación de una sustancia es el cambio de entalpia que acompaña la formación de 1 mol de sustancia a partir de sus elementos, cuando la reacción es efectuada a condiciones estándar.

El calor generado en una reacción química (o un cambio de fase) está determinado solamente por la naturaleza de los reactivos, productos y por las temperaturas final e inicial, sin importar el número de procesos o reacciones que tengan lugar entre los dos extremos (ley de Hess).

La entalpia de un compuesto a una temperatura T y una presión P es igual a su entalpia por encima del estado estándar, llamada entalpia sensible, es decir:

$$h(T, p) = [h^\circ]_f + \Delta h(T, p)$$

(Ecuación 16)

En donde el término de la izquierda es la entalpia estandarizada del compuesto y el último de la derecha es la entalpia sensible. Entonces, la entalpia de un compuesto consiste de una parte asociada con su formación y otra relacionada con el cambio de estado sufrido a partir del estado estándar de referencia a composición constante.

Por definición, $\Delta h(T^\circ, p^\circ) = 0$

En el caso de gases ideales, la entalpia es independiente de la presión, y podemos escribir para la entalpia sensible:

$$\Delta h(T, p) = [\Delta h]^{T, p} = \int_{(T^\circ, p^\circ)}^{(T, p)} [dh] = h^T - h^{(T^\circ)}$$

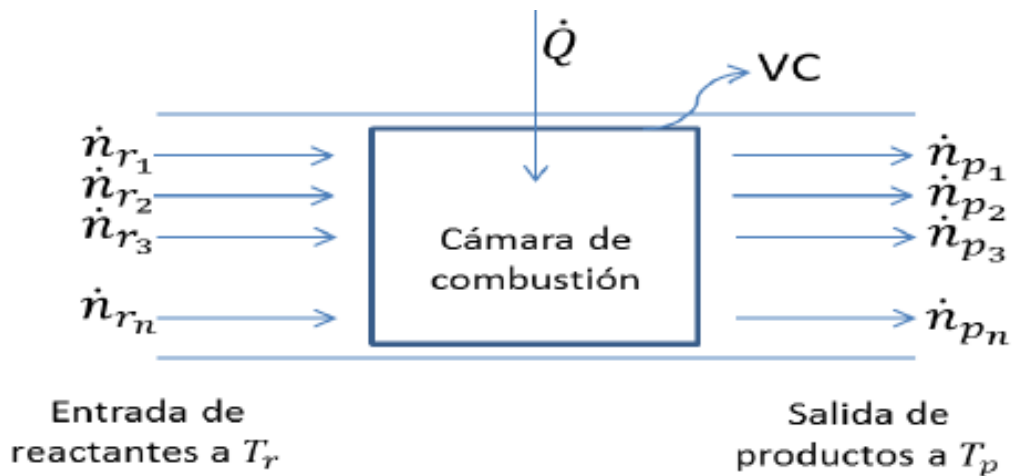
(Ecuación 17)

Los valores de las diferentes entalpías de formación y de las entalpías sensibles para diferentes combustibles y productos de combustión, se dan por literatura en tablas.

En las reacciones químicas es de vital importancia la determinación de la cantidad de calor transferida; sin embargo, este cálculo no es fácil debido a diferentes razones pues en los procesos industriales las variables son muchas. Consideraremos las dos formas más usuales en las que se lleva a cabo la combustión: a presión y a volumen constante.

2.2.1 Combustión a presión constante. Se deben realizar los cálculos de combustión a presión constante. Cuando la combustión se llevará a cabo en un recipiente no rígido.

Figura 11. Cámara de Combustión



Fuente. MARADEY, Juan. Termodinámica aplicada. División editorial y de publicaciones UIS. 2002. p. 201-252.

Se define una cantidad llamada entalpía o calor estándar de combustión a presión constante, dada por la expresión

$$\Delta \bar{H} = \sum_i v_{p_i} \bar{h}^0_{f, p_i} - \sum_i v_{r_i} \bar{h}^0_{f, r_i} = \sum_i v_i \bar{h}^0_{f_i}$$

(Ecuación 20)

Para que el reactor opere a condiciones estándar se expresa el flujo de calor por mol de combustible requerido como la ecuación

Proceso AC < 0 ☐ *reacción exotérmica*

Proceso AC > 0 ☐ *reacción endotérmica*

$$\bar{q} = \Delta \bar{H}^0 + \sum_i n_{p_i} \Delta \bar{h}^{T_p}_{p_i} + \sum_i n_{p_i} \Delta \bar{h}^{T_r}_{r_i}$$

(Ecuación 21)

En donde $\sum_i n_{p_i} \Delta \bar{h}^{T_r}_{r_i}$ representa la entalpía de reactivos y $\sum_i n_{p_i} \Delta \bar{h}^{T_p}_{p_i}$ representa la entalpía de productos

Para la formación de un compuesto a partir de sus elementos. Es preciso El calor de formación que es el calor requerido de la reacción

$$\bar{h}^{T_p}_p = \bar{h}^{T^0}_p + \Delta \bar{h}^{T_p}_p$$

(Ecuación 22)

$$\bar{h}^{T_r}_r = \bar{h}^{T^0}_r + \Delta \bar{h}^{T_r}_r$$

(Ecuación 23)

El poder calorífico del combustible es el negativo del calor de combustión en términos de masa = $(-q^\circ = \Delta H)$

$$q_s^\circ - q_i^\circ = n_w \bar{i}^\circ$$

(Ecuación 24)

En donde,

$n_w =$ moles totales de H₂O en los humos por unidad de masa de combustible.

$\bar{i}^\circ =$ Calor de vaporización $(h_g - h_f)$

$q_s^\circ =$ Agua en estado líquido.

$q_i^\circ =$ Agua en estado gaseoso.

A partir de los calores de formación de los reactivos y productos. Para $c_x H_y O_z$ se puede establecer El calor efectivamente generado a condiciones estándar por un combustible de fórmula química conocida

$$q^\circ = \bar{h}^\circ f_{c_x H_y O_z} - x \bar{h}^\circ f_{CO_2} - \frac{1}{2} y \left[\bar{h}^\circ f_{H_2O(l)} \bar{x}^\circ l_{H_2O}^\circ \right]$$

(Ecuación 25)

$X =$ Calidad del agua en los productos.

La fórmula anterior da el calor liberado cuando hay agua parcialmente líquida.

Este escenario se da siempre que la temperatura de rocío ($\approx 50^\circ C$). Si $x = 0$, se tiene el poder calorífico superior y si $x = 1$, el inferior.

Se utiliza la fórmula de Dulong y Petit, si se conoce el último análisis, para carbones.

$$q_s^\circ = 33830 * C + 14300 \left[H - \frac{1}{80} \right] + 9420 * S$$

(Ecuación 26)

En donde $\left[H - \frac{1}{80} \right]$ representa el hidrógeno disponible en el combustible
 Conocido el q_s^0 , El q_i^0 se halla con la ecuación 32:

$$q_i^0 = q_s^0 - 22000H - 2440W \left[\frac{kJ}{kg} \right]$$

(Ecuación 27)

$W =$ % masa de humedad que contiene el carbón.

La 1era ley para combustión completa, En términos de masa, es

$$\bar{q}^0 - q = + \sum_i n_{r_i} \bar{h}_{r_i}^{Tr} = \sum_i n_{p_i} \bar{h}_{r_p}^{Tp}$$

(Ecuación 28)

q° depende de la fase del agua en los productos

2.2.2 Combustión a volumen constante. Se considera una mezcla inflamable dentro de un recipiente rígido. Si la mezcla se enciende por acción de una chispa, la combustión ocurrirá a volumen constante. Si una cierta cantidad de calor por mol de combustible se transfiere, entonces, de acuerdo a la 1era ley, suponiendo combustión completa

$$\frac{\dot{Q}}{\dot{n}_f} = \bar{q} = \bar{U}_p - \bar{U}_r = \sum_i n_{p_i} \bar{U}_{p_i}(Tp) - \sum_i n_{r_i} \bar{U}_{r_i}(Tr)$$

(Ecuación 29)

En la reacción debe ocurrir una desviación de temperatura puesto que las energías internas de las mezclas de reactivos y productos no pueden ser iguales a la misma temperatura.

En la ecuación 35 se define la energía interna estándar de combustión a volumen constante como:

$$\Delta \bar{U} = \sum_i \nu_{p_i} \bar{U}^0 f_i$$

(Ecuación 30)

$$\Delta \bar{U}^0 < 0 = \text{Reacción exotérmica}$$

$$\Delta \bar{U}^0 > 0 = \text{Reacción endotérmica}$$

$$\Delta \bar{U}^0 f_i = h_{f_i}^0 - RT^0 = \text{Energía interna de formación de la sustancia } i.$$

La primera ley para un sistema cerrado (W como trabajo =0) en donde ocurre una combustión completa a volumen constante, por mol de combustible es:

$$\bar{q} = \Delta \bar{U}^0 + \sum_i n_{p_i} \Delta \bar{U}_{p_i}^{T_p} + \sum_i n_{r_i} \Delta \bar{U}_{r_i}^{T_r}$$

(Ecuación 31)

Es posible hallar una relación entre la entalpía y la energía interna de combustión, si se recuerda que $H = U + PV$, se tiene entonces para 1 mol de combustible.

$$\Delta \bar{H}^0 = \Delta \bar{U}^0 + P^0 \left| \bar{V}_p^0 - \bar{V}_r^0 \right|$$

(Ecuación 32)

En el caso de reacciones que implican líquidos y sólidos, sus volúmenes se pueden despreciar comparados con los de las sustancias gaseosas en la reacción. Si, además, los reactivos y productos gaseosos se suponen gases perfectos, entonces:

$$\Delta \bar{H}^0 = \Delta \bar{U}^0 + RT^0 \sum_I V_{Gas}$$

(Ecuación 33)

$\sum_I V_{Gas}$ Cambio en el número de moles de las sustancias gaseosas por mol de combustible.

$\sum_I V_{Gas}$ Sólo depende de aquellas sustancias que están gaseosas a temperatura a condiciones estándar.

Para un mol de HC gaseoso de fórmula $c_x H_y O_z$ con H_2O en los productos.

$$\sum_I V_{Gas} = \left| \frac{1}{4}y + \frac{1}{2}z - 1 \right|$$

(Ecuación 35)

En una reacción donde el número de moles de reactivos y productos gaseosos sean iguales, la entalpía y la energía interna de reacción son iguales.

Es visible que el calor desarrollado obedece las condiciones físicas bajo las cuales la reacción ocurre, es decir, depende del camino. También se cumple, que

$$\Delta h^T = \Delta U^T + RT$$

(Ecuación 36)

2.2.3 Temperatura de llama adiabática. En el estudio de la combustión, hay dos tipos de temperatura de llama adiabática que depende de cómo el proceso está completado, volumen constante y presión constante, esta describe la

temperatura de los productos de la combustión teóricamente alcanzada si no se pierde energía al ambiente exterior.

La temperatura de flama adiabática a volumen constante es la temperatura que resulta de un proceso de combustión completa que ocurre sin cualquier trabajo, transferencia de calor o cambios en cinética o energía potencial. La temperatura de flama adiabática a presión constante es la temperatura que resulta de un proceso de combustión completa que ocurre sin transferencia de calor o cambios en cinética o energía potencial. Su temperatura es más baja que el proceso de volumen constante porque parte de la energía se utiliza para cambiar el volumen del sistema.

La TLL se puede calcular con ayuda de la primera ley de la termodinámica, la cual, para combustión adiabática a presión constante con $T_p = T_{LL}$ Y $T_r = 298 K$ se reduce a:

$$q_i^0 = \sum_i n_{p_i} \Delta \bar{h}_{p_i}^{T_{LL}}$$

(Ecuación 37)

n_{p_i} = *Obtenido de la ecuación química para la combustión completa.*

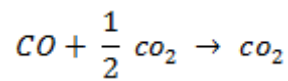
q_i^0 = *Poder calorífico inferior, conocido para un combustible dado.*

2.2.4 Eficiencia de la combustión. Cuando la combustión es incompleta la energía química neta liberada es menor que el poder calorífico del combustible. Esto implica una eficiencia de la combustión, que mide el grado de completamiento de la reacción

$$n_c = \frac{\text{cambio efectivo de entalpia } H_p(T_p) - H_r(T_r)}{\text{cambio maximo posible de entalpia}}$$

(Ecuación 38)

El cambio máximo de entalpía de los gases se da cuando el combustible libera todo su poder calorífico, esto es, cuando la combustión es perfecta. En la realidad se forman productos parcialmente oxidados, principalmente CO . La fracción del que no se libera será el correspondiente a la combustión del



Un balance de energía da para el cambio real de entalpía de los gases

$\bar{q}_i^0 - n_{co}$. Esta expresión n_{co} es el número de moles de CO formados por mol de combustible. Despreciando los otros componentes parcialmente oxidados, se tiene

$$n_c = 1 - \frac{n_{co} \bar{q}_{co}^0}{\bar{q}_i^0}$$

(Ecuación 39)

La primera ley de la termodinámica para cuando la combustión es incompleta, se puede escribir como

$$n_c \bar{q}_i^0 - \bar{q} + \sum_i n_{r_i} \Delta \bar{h}_{r_i}^{T_r} = \sum_i n_{p_i} \Delta \bar{h}_{p_i}^{T_p}$$

(Ecuación 40)

Esta ecuación 44 es válida siempre y cuando se tenga agua gaseosa en los productos

2.3 CROMATOGRAFÍA DE GASES

La cromatografía de gases es la técnica a elegir para la separación de compuestos orgánicos e inorgánicos térmicamente estables y volátiles. Su principal objetivo es la cuantificación de cada compuesto presente en la mezcla.

La cromatografía de gases tiene amplia aplicación, en las industrias se enfoca principalmente a evaluar la pureza de los reactantes y productos de reacción o bien a monitorear la secuencia de la reacción. Para los fabricantes de reactivos químicos, su aplicación es en la determinación de la pureza.

Un cromatógrafo de gases consiste en varios módulos básicos ensamblados para:

- Proporcionar un gasto o flujo constante del gas transportador (fase móvil).
- Permitir la introducción de vapores de la muestra en la corriente de gas que fluye.
- Contener la longitud aproximada de fase estacionaria.
- Mantener la columna a la temperatura apropiada.
- Detectar los componentes de la muestra conforme sale de la columna.
- Proveer una señal legible proporcional en magnitud a la cantidad de cada componente.

3. GENERACIÓN ELÉCTRICA

El propósito de este trabajo es justificar el uso del gas de producción como combustible para la generación de corriente eléctrica. Para esto hemos tomado diferentes escenarios posibles para así poder comparar distintas situaciones y ver los beneficios del gas de producción en este proyecto.

3.1 GENERACIÓN ELÉCTRICA CON DIESEL (ESCENARIO ACTUAL)

La generación eléctrica con diésel (alimentando el motor del generador con diésel) es la que actualmente se encuentra en campo para alimentar eléctricamente los sistemas de Well Testing, es la más empleada en los campos colombianos por su gran facilidad de adquisición y soporte técnico.

3.1.1 Proceso de Generación. El sistema de generación de energía eléctrica es alimentado con combustible diésel en el sitio, por lo cual es necesario llevar el diésel desde las estaciones o proveedoras de servicio, en carro tanques hasta el lugar de generación; allí es vertido en tanques de almacenamiento los cuales a su vez suministran de este combustible a los generadores eléctricos existentes.

Los generadores eléctricos llevarán a cabo la transformación de la energía calórica proporcionada por el diésel a energía mecánica la cual a su vez se transformara en energía eléctrica. La clave del funcionamiento del generador eléctrico se encuentra en la llamada Ley Faraday, que establece, textualmente, que para que se genere una corriente eléctrica debe haber un movimiento entre el conductor y el campo magnético ya que *“el voltaje inducido en un circuito cerrado es directamente proporcional a la rapidez con que cambia en el tiempo*

*el flujo magnético que atraviesa una superficie cualquiera con el circuito como borde”.*²

En otras palabras, el generador eléctrico emplea un campo magnético para generar un movimiento de electrones y producir energía eléctrica.

Exactamente, al ensamblar la bobina conductora a una corriente eléctrica continua se consigue un cambio en el flujo del campo magnético, que interactúa con los polos del imán y que provoca que la bobina gire sobre sí misma produciendo una fuerza psicomotriz capaz de transformarse en energía eléctrica.

Esto es debido a que si un circuito externo se conecta a las terminales de bobina, este voltaje generará corriente a través de este circuito, que será energía que se transmitirá a la carga. Por lo tanto, la energía mecánica que hace rotar la bobina se convierte en energía eléctrica

Algunos tipos de generadores son:

3.1.1.1 Generador eléctrico inverter: Un generador Inverter es aquel que puede filtrar la onda senoidal para generar una onda pura con la magnitud y frecuencia que se necesite y superando así los elementos negativos y positivos. En otras palabras, esta tecnología le permite al regulador emitir una corriente eléctrica estable que neutraliza la vulnerabilidad de tus aparatos eléctricos y electrodomésticos a las ondas senoidales dispersas y de mala calidad.

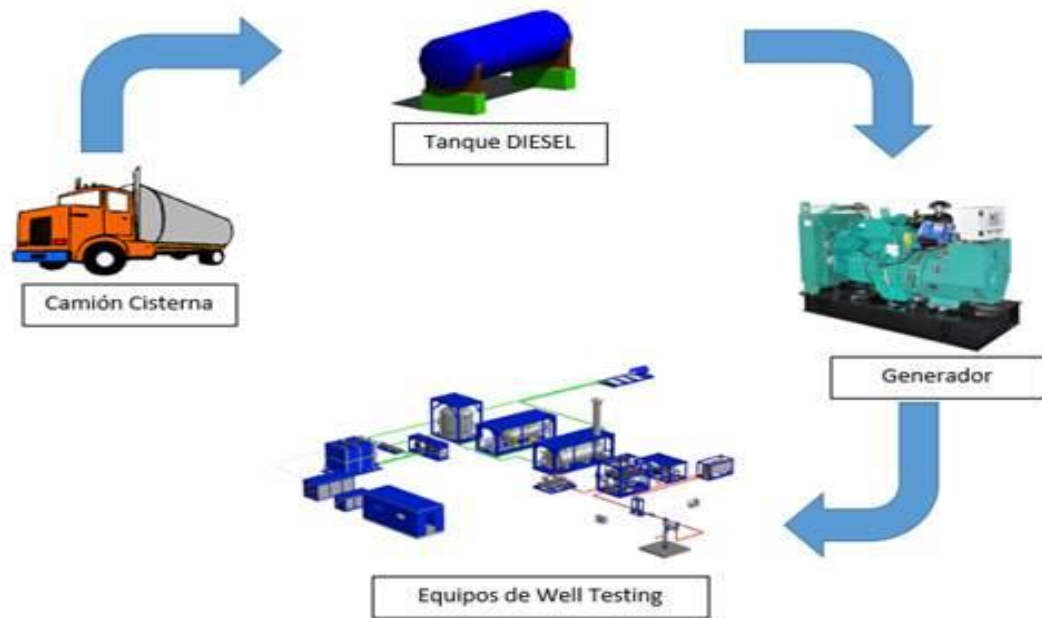
3.1.1.2 Generador eléctrico monofásico: También conocido en inglés como *single-phase generator*, un generador monofásico es un generador sinusoidal de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado

² Antonio, D. Principios de Electricidad y Electrónica II. BARCELONA. Editorial MARCOMBO. 1999

por dos terminales y una única corriente alterna que conduce una sola línea de 110 voltios.

3.1.1.3 Generador eléctrico trifásico: Por su parte, un generador trifásico, conocido en inglés como *three-phase generator*, es un generador sinusoidal conformado por tres corrientes alternas monofásicas conectadas en triángulo o en estrella. Una de las grandes ventajas de los generadores trifásicos es que tienen un rendimiento más elevado de los receptores, especialmente en motores.³

Figura 13. Proceso de generación con diésel.



³ Blog de Ventageneradores. ¿Qué es un generador eléctrico y cuáles son sus partes? 2015

3.2 GENERACIÓN CON GAS

En el capítulo anterior se definió el poder calorífico de los gases producidos por el campo a través de su cromatografía y sus propiedades de combustión, con lo cual se señala la posibilidad de la generación eléctrica con el gas producido por el campo.

3.2.1 Parámetros para la generación con gas. Con el fin de poder conocer los requerimientos solicitados para la generación eléctrica, se consultaron a dos compañías diseñadoras y a tres expertos en el tema sobre los generadores eléctricos que utilizaran gas como combustible, con los cuales se resumieron las siguientes recomendaciones:

Las siguientes son las recomendaciones hechas por los expertos de las tres compañías diseñadoras de generadores eléctricos que usan como combustible gas:

Tabla 1. Cromatografía del gas de campo

CROMATOGRAFÍA GAS DE CAMPO			
COMPONENTES	FORMULA	% MOLAR	FRACCIÓN MOLAR
Hidrogeno	H ₂	0	0
Ácido sulfhídrico	H ₂ S	0	0
Dióxido de carbono	CO ₂	28.08	0.2808
Nitrógeno	N ₂	4.1	0.041
Metano	CH ₄	53.68	0.5368
Etano	C ₂ H ₆	4.25	0.0425
Propano	C ₃ H ₈	3.18	0.0318
isobutano	C ₄ H ₁₀	1.36	0.0136
n-Butano	C ₄ H ₁₀	1.88	0.0188

CROMATOGRAFÍA GAS DE CAMPO			
COMPONENTES	FORMULA	% MOLAR	FRACCIÓN MOLAR
neopentano	C ₅ H ₁₂	0.02	0.0002
i-Pentano	C ₅ H ₁₂	0.64	0.0064
n-Pentano	C ₅ H ₁₂	0.47	0.0047
hexanos	C ₆	0.58	0.0058
metilciclopentano	C ₆ H ₁₂	0.17	0.0017
benceno	C ₆ H ₆	0.01	0.0001
ciclohexano	C ₆ H ₁₂	0.13	0.0013
heptanos	C ₇	0.29	0.0029
metilciclohexano	C ₇ H ₁₄	0.13	0.0013
tolueno	C ₆ H ₅ CH ₃	0.03	0.0003
octanos	C ₈₊	0.21	0.0021
Etilbenceno	C ₈ H ₁₀	0.02	0.0002
M/P - Xileno	C ₈ H ₁₀	0.02	0.0002
o - Xileno	C ₈ H ₁₀	0.02	0.0002
Nonanos	C ₉ H ₂₀	0.13	0.0013
1,2,4,(TMB) TETRA METIL	C ₁₀ H ₁₄	0	0
BENZENO			
decanos	C ₁₀ H ₂₂	0.4	0.004
Undecano	C ₁₁ H ₂₄	0.2	0.002
		100	1

Fuente. Empresa Operadora

- a. Los generadores y en si cualquier motor que funcione con gas debe tener niveles de gases ácidos (H₂S y CO₂) menos al 10% en fracción molar respecto a la composición del gas ya que la presencia de estos gases generan problemas de corrosión en todo el sistema, los cuales a su vez llevan al deterioro de los equipos y mal funcionamiento de los mismos. En la Tabla 1 se puede observar que los niveles de H₂S son nulos o inferiores al 0.005% y respecto al CO₂ es recomendable instalar algunas trampas absolvedoras de este compuesto para tener los niveles óptimos para el buen funcionamiento de nuestros generadores.

- b. El poder calorífico (tabla 2) para estos generadores debe de ser mayor a 5 Kw/m³ de gas los cuales son superados por el gas de producción de este campo así como otros parámetros (tabla 3 y 4) exigidos por el fabricante del generador.

Tabla. 2. Propiedades del Gas de campo.

Propiedades del Combustible	Unidades	Valor
Temperatura de referencia de la combustión	°C	15
Temperatura de referencia de medición	°C	15
Presión de referencia de medición	kPa	101.325
Peso molecular medio	g/mol	29.027
Valor energético superior (bruto)	kJ/mol	824.03
Valor calorífico inferior (neto)	kJ/mol	749.07
Valor energético superior (bruto)	MJ/kg	28.39
Valor calorífico inferior (neto)	MJ/m ³	25.81
Valor energético superior (bruto)	MJ/m ³	35.02
Valor calorífico inferior (neto)	MJ/m ³	31.83
Valor energético superior (bruto)	kWh/kg	7.89
Valor calorífico inferior (neto)	kWh/kg	7.17

Tabla. 3. Requisitos Mínimos Para Combustibles Gaseosos - 1

REQUISITOS MÍNIMOS PARA COMBUSTIBLES GASEOSOS - 1		
Propiedades del Combustible	Valor Limite	Unidades
Cloro (Cl)	<100	mg/m ³ CH ₄
Flúor (F)	<50	mg/m ³ CH ₄
Cl + F	<100	mg/m ³ CH ₄
Amoniaco (CH ₃)	<30	mg/m ³ CH ₄
Sulfuro total (S)	<2200	mg/m ³ CH ₄
Ácido Sulfúrico (H ₂ S)	<0.15	VOL.%m ³ CH ₄
Partículas/Polvo (3 - 10 um)	<10	mg/m ³ CH ₄

REQUISITOS MÍNIMOS PARA COMBUSTIBLES GASEOSOS - 1

Propiedades del Combustible	Valor Limite	Unidades
Vapores de aceite (>C5 <C10)	<3000	mg/m ³ CH ₄
Vapor de aceite (> C10)	<2500	mg/m ³ CH ₄
Silicio (orgánico) Si	<10	mg/m ³ CH ₄

Fuente. HIMOINSA ENERGY

- c. La presencia de agua en el gas genera problemas de corrosión en los equipos, una de las ventajas de nuestro campo el cual cuenta con una plata deshidratadora la cual nos garantiza que la presencia del agua en el gas sea casi nula en nuestro sistema.

- d. El suministro de gas a nuestros generadores debe de ser constante y con el suficiente poder calorífico para poder mantener nuestro sistema en constante funcionamiento, lo cual logramos constatar con la producción de gas de nuestro campo y su alto poder calorífico.

Tabla 4. Requisitos mínimos para combustibles gaseosos - 2

REQUISITOS MÍNIMOS PARA COMBUSTIBLES GASEOSOS - 2			
Propiedades del Combustible	Valor Limite	Unidades	Nota
Poder Calorífico	>5	kW/m ³	
Tasa de cambio del Poder Calorífico	<5	%min	
CO ₂ / Poder Calorífico	<10	vol.%kW/m ³	
Contenido de metano (CH ₄)	>40	%	
Numero de metanos	>80	Aplica para especificaciones estándar	
Humedad Relativa	<80	%	a temperaturas más bajas
Temperatura del Gas	10 – 50	°C	

Fuente. HIMOINSA ENERGY

Tabla 5. Requisitos mínimos para combustibles gaseosos - 3

REQUISITOS MÍNIMOS PARA COMBUSTIBLES GASEOSOS - 3			
Propiedades del Combustible	Valor Limite	Unidades	Nota
Presión mínima del gas de entrada	20	mbar	
Máxima presión en caso paso a paso cambio de salida de 0 a 100%		10%	La indicación en % está relacionada con el valor de presión del gas. En este dispositivo
Máximo cambio de presión (fluctuación) de gas en estado estable		2.50%	
Tasa de cambio de presión del gas		1 % / seg.	

La condensación no está permitida ni en la ruta del combustible ni en el colector de admisión

Fuente. HIMOINSA ENERGY

3.2.2 Elección de del generador Al mirar las diferentes propiedades de nuestro gas de campo y la riqueza de su poder calorífico para poder elegir este gas como combustible, se procedió a evaluar los diferentes tipos de generadores que se encuentran en el mercado.

Tomamos como principal característica la potencia empleada por los diferentes equipos de well testing y como parámetro adicional buscamos una similitud en sus condiciones de potencia con los generadores actuales que funcionan con diésel para de este modo poder utilizar el mismo tendido eléctrico y minimizar de esta manera los costos que se pueden generar al instalar la red eléctrica y demás elementos que necesitemos dentro de la locación.

En el apéndice B encontramos los dos generadores que mejor se acoplan a las necesidades de nuestros generadores antiguos y la potencia empleada por los equipos de well testing.

3.3 GENERACIÓN ELÉCTRICA EN PLANTA Y TENDIDO ELÉCTRICO

En Colombia la energía eléctrica es producida en su mayoría por la generación de energía hidráulica (64%) y energía térmica (33%), gran parte de esta energía se distribuye alrededor del país por un sistema de interconexión nacional (SIN).

El SIN distribuye la energía a la tercera parte del territorio nacional, la cual llega a los hogares, industrias y oficinas a nivel nacional; para tal fin tiene que pasar por una serie de transformadores los cuales van reduciendo su tensión y se clasifica en alta, media y baja tensión.

Este sistema llega a nuestro campo, el cual cuenta con una red de distribución dentro del mismo, pero se encuentra solo disponible para ciertas áreas específicas, sin encontrarse incluido dentro de este los equipos de well testing.

4. ANÁLISIS FINANCIERO

Después de analizar la calidad de nuestro gas de campo y de hacer un análisis de cada uno de los sistemas que también nos pueden ser útiles para darles energía a los equipos de well testing, se procede a hacer el análisis financiero para dar la conclusión final y el soporte necesario para mirar la factibilidad de este proyecto.

Para tal resultado tomaremos un periodo de evaluación de 1 año en el cual emplearemos como indicadores de rentabilidad la tasa interna de retorno (TIR), la relación Beneficio/costo y el pay back.

Debido a la volatilidad de los precios de los combustibles en los últimos meses hemos decidido hacer un pequeño análisis del precio del DIESEL para así poder tomar un valor razonable, ya que en base a este precio es que basaremos la utilidad y rentabilidad si es el caso de nuestro proyecto.

4.1 FLUCTUACIÓN DE LOS PRECIOS DE LOS COMBUSTIBLES EN COLOMBIA

Debido a que en Colombia no existe un precio determinado de los combustibles, si no que estos varían de manera espontánea, es decir, de un momento a otro, decidimos realizar un análisis de los precios de los mismos para poder basarnos de manera más exacta y poder tener un análisis financiero más concluyente.

Basaremos este análisis en los precios de dos ciudades, una de ellas la capital de nuestro país y la otra la ciudad más cercana en donde se encuentra nuestro campo de referencia.

Tabla. 6. Variación de los precios de los combustibles en el último año

Mes	Gasolina (gal/\$ col)	Diésel (gal/\$ col)
jul-16	7.933	7.358
ago-16	8.034	7.491
sep-16	8.034	7.491
oct-16	8.034	7.491
nov-16	8.146	7.601
dic-16	8.146	7.601
ene-17	8.146	7.601
feb-17	8.311	7.827
mar-17	8.422	7.856
abr-17	8.533	7.847
may-17	8.644	7.871
jun-17	8.664	7.891
jul-17	8.618	7.905

Fuente. Ministerio de minas y energía. 2016-2017.

Figura 14. Variación de los precios de combustibles en Colombia

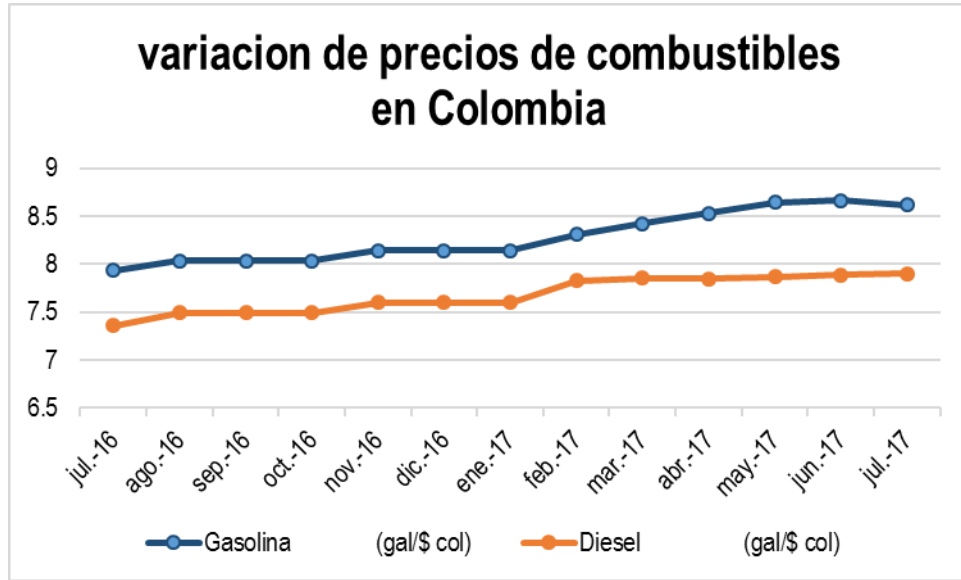


Figura 15. Precios nacionales vs precios internacionales 2013 - 2016



Fuente. Miisterio de minas y energia. Precios año 2016

En las anteriores graficas podemos observar los cambios en los precios de los combustibles en nuestro país, y basados en estos precios tomaremos como base el que más se ajuste al proyecto.

4.2 INGRESOS

Los ingresos para el desarrollo de este proyecto como lo hemos dicho anteriormente son basados en el precio de los combustibles empleados por los generadores (diésel, gaosolina y gas) y del ahorro que este va a generar respecto al combustible empleado.

4.3 DEPRECIACIÓN DE ACTIVOS FIJOS

La depreciación de activos fijos es el gasto natural que sufre cualquier bien que contribuya a la generación de ingresos. En el caso de la maquinaria, se dice que tiene una vida útil de 10 años, por lo cual tomaremos una depreciación anual en los generadores de 10%.⁴

$$\textit{Depreciación anual} = \textit{Costo del equipo} * 0.1$$

Ecuación 41

⁴ Osorio, W. Vida útil de los activos. 2010. Disponible en: <http://www.gerencie.com/vida-util-de-los-activos.html>

4.4 ESCENARIO ACTUAL (DIESEL)

En el escenario actual analizaremos los diferentes costos de mantenimiento y consumo para el funcionamiento de los generadores eléctricos que funcionan con diésel.

4.4.1 Costos operativos. Para este escenario los costos operativos incluyen el pago de personal de mantenimiento y transporte de combustible para el generador.

Tabla 7. Gastos mensuales generador diesel

GASTOS MENSUALES DEL GENERADOR DIESEL	
Mantenimiento	4000000
Compra de combustible	13387500
Transporte	3000000
Alquiler	8000000
Otros	500000
TOTAL (COP)	28887500
TOTAL (USD)	9885

4.5 ESCENARIO PROPUESTO (GAS DE CAMPO)

En este se analizaran las diferentes variables que se tienen que tener en cuenta para el montaje de este nuevo sistema como lo son la remoción del generador actual, la adecuación de la locación para el nuevo generador y el sistema de mantenimiento de este.

4.5.1 Gastos únicos e iniciales. En este apartado se analizarán los gastos de adecuación de la locación, así como todos los gastos logísticos y operativos para el montaje de este generador y el precio del mismo.

Tabla 8. Inversión generador a gas

INVERSIÓN ÚNICA (compra y montaje del generador)		
precio generador	130515	USD
Desmontaje generador antiguo	1485	USD
Base nuevo generador	1083	USD
Montaje nuevo generador	2290	USD
Total inversión	135372	USD

4.5.2 Costos operativos. A continuación analizaremos los costos de mantenimiento y suministro de gas del generador.

Tabla 9. Gastos, generador a gas

GASTOS MENSUALES DEL GENERADOR A GAS	
Mantenimiento	1000000
Compra de combustible	0
Transporte	0
Alquiler	0
Otros	500000
TOTAL (COP)	1500000
TOTAL (USD)	513

4.6 ANÁLISIS FINANCIERO

Para realizar el análisis de resultados de este proyecto, realizaremos un análisis financiero y una relación costo beneficio de los diferentes parámetros involucrados en el cambio de este sistema de generación eléctrica, para ello utilizaremos diferentes indicadores como lo son el valor presente (VP), el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR).

4.6.1 Valor presente neto (VPN). Valor Presente Neto es una medida del Beneficio que rinde un proyecto de Inversión a través de toda su vida útil; se define como el Valor Presente de su Flujo de Ingresos Futuros menos el Valor Presente de su Flujo de Costos. Es un monto de Dinero equivalente a la suma de los flujos de Ingresos netos que generará el proyecto en el futuro.

La siguiente es la fórmula más utilizada para hallar el valor presente neto:

$$\text{Valos Presente Neto} = \sum_n^N = 0 \frac{FDC}{(1+i)^n}$$

Ecuación 42

4.6.2 Tasa interna de retorno (TIR). La tasa interna de retorno (TIR) es una tasa de rendimiento utilizada en el presupuesto de capital para medir y comparar la rentabilidad de las inversiones.⁵

Las tasas internas de retorno se utilizan habitualmente para evaluar la conveniencia de las inversiones o proyectos. Cuanto mayor sea la tasa interna de retorno de un proyecto, más deseable será llevar a cabo el proyecto.

⁵ Enciclopedia financiera. Tasa interna de retorno. 2015. Disponible en: <http://www.encyclopediainanciera.com/finanzas-corporativas/tasa-interna-de-retorno.htm>

Suponiendo que todos los demás factores iguales entre los diferentes proyectos, el proyecto de mayor TIR probablemente sería considerado el primer y mejor realizado.

$$TIR = \frac{-I + \sum_{i=1}^n fi}{\sum_{i=1}^n i \times fi}$$

Ecuación 42

Donde,

I = inversión

F= flujo de caja

4.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el análisis de resultados miraremos la viabilidad económica del proyecto.

Tabla 10. Análisis de resultados a 1 año

MES	Flujo de Caja	Valor Presente
0	-135372	-135372
1	9586	9114
2	9586	8665
3	9586	8238
4	9586	7833
5	9586	7447
6	9586	7080

MES	Flujo de Caja	Valor Presente
7	9586	6731
8	9586	6400
9	9586	6085
10	9586	5785
11	9586	5500
12	9586	5229
	VPN	-37943
	TIR	-2.74%

El anterior análisis fue realizado durante un periodo de un año, siendo este un resultado negativo, pues no alcanzamos a recuperar el valor de nuestra inversión. El tiempo mínimo para la recuperación de nuestra inversión y que empecemos a ver un flujo de caja positivo es de 15 meses.

Para llegar al punto de equilibrio emplearemos la siguiente ecuación:

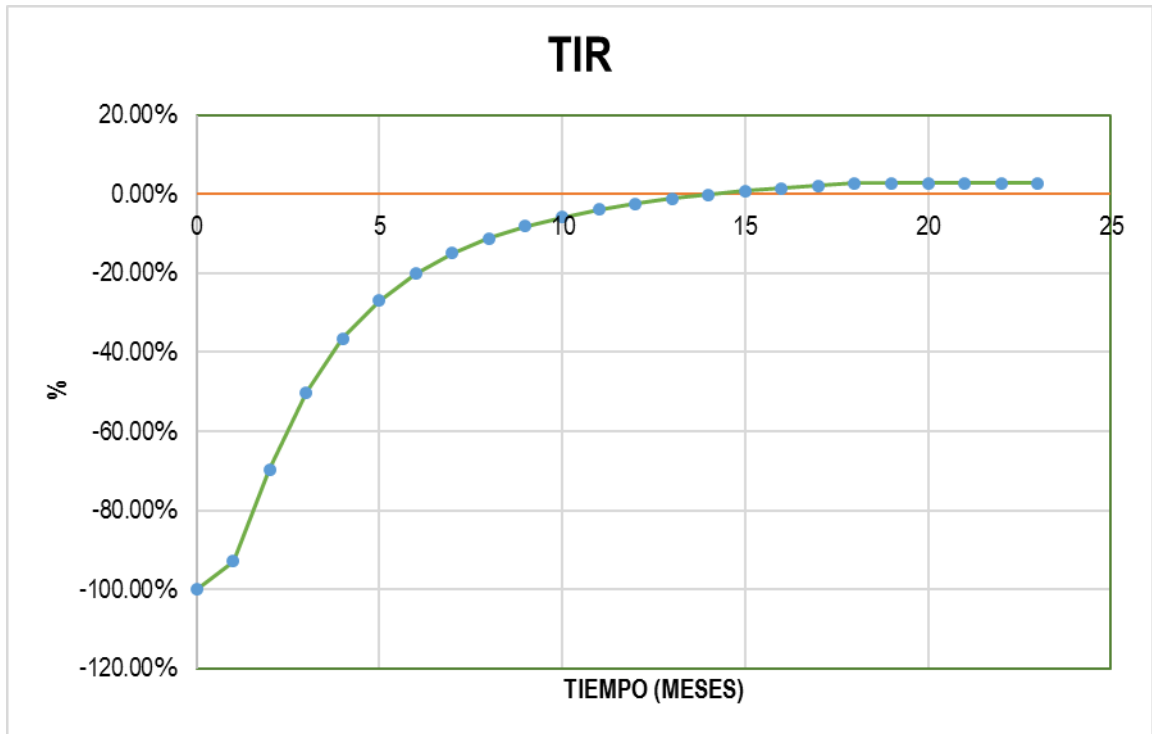
$$PE = \frac{INVERSION UNICA}{GASTOS MENSUALES DIESEL - GASTOS MENSUALES GAS}$$

De esta ecuación obtenemos que el tiempo de equilibrio de la inversión y del proyecto se nos da en aproximadamente 14.2 meses, para corroborar dicha información vamos a verificarlo en la siguiente tabla por medio de TIR, y corroboraremos lo dicho anteriormente.

Tabla 11. Tiempo de recuperación de la inversión

MES	Flujo de caja	Valor Presente	Valor Presente Neto	TIR
0	-135372	-135372	-135372	-100.00%
1	9586	9114	-126258	-92.92%
2	9586	8665	-117593	-69.61%
3	9586	8238	-109355	-50.18%
4	9586	7833	-101522	-36.52%
5	9586	7447	-94076	-26.94%
6	9586	7080	-86995	-20.07%
7	9586	6731	-80264	-14.99%
8	9586	6400	-73864	-11.15%
9	9586	6085	-67779	-8.17%
10	9586	5785	-61994	-5.83%
11	9586	5500	-56494	-3.95%
12	9586	5229	-51265	-2.42%
13	9586	4972	-46293	-1.16%
14	9586	4727	-41566	-0.12%
15	9586	4494	-37072	0.76%

Figura 16. TIR



Como podemos observar a partir del mes 15 nuestra TIR ya pasa a ser positiva, lo que nos indica que nuestro proyecto ya empezaría dar ganancias y nos coincide con respecto a nuestro punto de equilibrio.

5. CONCLUSIONES

El escenario más favorable para la generación de electricidad en un corto plazo sigue siendo el diésel por el costo de inversión propuesto en la generación de energía eléctrica con base en el gas de campo, el cual presenta un tiempo de recuperación económica del proyecto mayor a un año (15 meses), por lo cual no es rentable para los estándares de la industria petrolera.

La investigación realizada nos demuestra que es rentable la aplicación del cambio de tecnología (diésel a gas), viéndola desde un punto de vista amplio, genera una modificación en el planteamiento para nuevos proyectos que cumplan la característica en cuanto a caudal y calidad de gas similares a las de este proyecto generando una reducción en los gastos de operación de los equipos de well testing a partir del mes 15 en un 0,76%, aumentando este ahorro progresivamente.

El gas como materia prima en la generación de energía eléctrica, se está desperdiciando en el campo, teniendo en cuenta que es una fuente de generación de energía eléctrica de bajo costo, con el manejo de dinero de combustible y mantenimiento del generador a diésel se cubren costos del generador a gas y se reducen los costos de operación en un retorno de 15 meses.

El gas natural como cualquier otro combustible produce CO₂; sin embargo, debido a la alta proporción de hidrógeno-carbono de sus moléculas, sus emisiones son un 40-50% menor de las del carbón y un 25-30% menor de las del fuel-oil. La propia composición del gas natural genera dos veces menos emisiones de NO_x que el carbón y 2,5 veces menos que el fuel-oil.

El gas natural tiene un contenido en azufre inferior a las 10ppm (partes por millón) en forma de odorizante, por lo que la emisión de SO₂ en su combustión es 150 veces menor a la del gas-oil, entre 70 y 1.500 veces menor que la del carbón y 2.500 veces menor que la que emite el fuel-oil; además el nivel de emisión sonora de los generadores en base a gas posee de un 50% a un 60 % menos de emisiones auditivas dañinas para la salud.

6. RECOMENDACIONES

El caudal de gas que está generando este campo puede ser aprovechado de maneras muy útiles, una de ellas puede ser la generación de energía eléctrica en medidas más grandes que las planteadas en este campo, para así proveer de energía eléctrica a todo el campo o proveer al sistema de interconexión nacional.

Otra de las grandes propuestas que se deben estudiar en este tipo de proyectos es la reducción en la emisión de gases al medio ambiente lo cual puede generar beneficios tanto ambientales como económicos.

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO GONZÁLEZ, Juan Antonio. Director de ahorro energético. Idae Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Disponible en: Www.idae.es

ALONSO GONZÁLEZ, Juan Antonio. La cogeneración con turbogenerador: la turbina de gas Para aplicaciones termoeléctricas. Capítulo 4. Turbomach, s.a.u. Disponible en: Www.turbomach.cat.com

ALONSO GONZÁLEZ, Juan Antonio. Microcogeneración. Capítulo 5. La solución más eficiente de generación de energía eléctrica y térmica en edificios.

ALONSO GONZÁLEZ, Juan Antonio. Motores de combustión interna de cogeneración. Capítulo 3. Rolls Royce Marine España, S.A. Disponible en: Www.rolls-royce.com

ASHRAE, Aee Cogen Institute. Presentaciones cogeneración. Pág. 1 a 36

BACA URBINA, Gabriel. Evaluación de proyectos. Cuarta edición. McGraw Hill. 2001. Pág. 83 a 239. Disponible en: <https://ianemartinez.files.wordpress.com/2012/09/evaluacion-de-proyectos-Gabriel-baca-urbina-correcto.pdf>

BORRÁS, Enrique B. Propiedades. En: Gas Natural Características, distribución y aplicaciones industriales. Barcelona: Editores Técnicos Asociados S.A. 1987

CISNEROS BARRERA, Daniel V. Tesis de máster integración de la cogeneración en el mercado eléctrico. Universidad Pontificia Comillas. Escuela técnica Superior de Ingeniería (ICAI). Instituto de postgrado y formación continua. Máster en gestión técnico y económica en el sector eléctrico. Sevilla. Enero 2003. Disponible en: <https://www.iit.comillas.edu/docs/TM-03-004.pdf>

Cogeneración Colciencias. Elaborado por universidad del atlántico. Grupo de gestión eficiente de energía, Kaii: Un proyecto de la unidad de planeación minero Energética de Colombia ((UPME)) y el Instituto. Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología. “Francisco José de Caldas” ((Colciencias)

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGIA Y GAS. Compresión y transporte de Gas natural comprimido – GNC - propuesta regulatoria para consulta. Documento CREG – 048.

CORELAB. INTERIM DATA. Reservoir Fluid Study for Talisman (Colombia) Oil & Gas Ltd. Akacias-1 RFLA 1203271 Petroleum Services Division Core Laboratories (Colombia). Disponible en: <http://www.corelab.com>

COSS BU, Raúl. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. Editorial Limusa, 1981. Pág. 47 a 91. Disponible en: http://scribd-download.com/analisis-y-evaluacion-de-proyectos-de-inversion-2da-ed-coss-bu-raul_5880d64a6454a7ad3635c064_pdf.html

CREG y COINOR LTDA. Definición de costos en el transporte.

CREG, Compresión y transporte de gas natural comprimido GNC: Propuesta regulatoria para consulta. Documento CREG – 048. Agosto 10 de 2004.

ESPEJO MARÍN, Cayetano; CAPEL MOLINA; José Jaime. El gas en la producción de energía en España. Universidad de Murcia y Universidad de Almería. Tomado de: Dialnet-elgasenlaproducciondeelectricidadenespana-2573401. 2017. Disponible en: https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjbgIqB1OHTAhWISSYKHZkhBKYQFggkMAA&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F2573401.pdf&usq=AFQjCNFwGxRZJ__8xmwesblXeFnQNm0t3w

FERNÁNDEZ DIEGO, Inmaculada; ROBLES DÍAZ, Arsenio Ramón. Componentes de gas natural centrales de generación de energía eléctrica. Open course were universidad de cantabria. Grupo Editorial CEAC: Centrales Eléctricas. Unidad didáctica 4 centrales térmicas. 2012. Pág. 31, 32. Disponible en: <http://ocw.unican.es/enseanzas-tecnicas/centrales-de-generacion-de-energia-electrica/materiales/bloque-energia-IV.pdf>

FRAILE, DIEGO. Master en energías renovables y mercado energético 2007/2008. Módulo: Gestión eficiente de la energía Cogeneración: Aspectos tecnológicos. Documentación elaborada por el autor/a para eoi. Pag 17 a 38. Disponible en: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45276/componente45275.pdf

GONZÁLEZ SANTALÓ, José Miguel. La generación eléctrica a partir de combustibles fósiles. Revista Divulgación. Octubre - Diciembre 2009. Disponible en: <https://www.ineel.mx/boletin042009/divulga.pdf>

Grupo de representantes de la subcomisión para promover proyectos de cogeneración revisión. Qué es la cogeneración de energía eléctrica. Iniciativa para el fomento de la cogeneración hacia una política de conversión eficiente de la energía. 14 de Septiembre del 2004. Disponible en:

<http://www.sinergiasoluciones.com.mx/SiteAssets/Paginas/tipos-de-proyectos/1-que-es-la-cogeneracion-de-energia-electrica.pdf>

MARADEY, Juan. Termodinámica aplicada. División editorial y de publicaciones UIS. Pág. 201-252. 2002

CARRILLO, Marcela Andrea; PINTO ROMERO, Fabián Leonardo. Evaluación técnico financiera del uso del gas de producción para el suministro de energía eléctrica a los sistemas de bombeo electrosumergible en un campo colombiano. Universidad Industrial De Santander. Bucaramanga 2012.

MCCAIN, William. D. Jr. Properties of petroleum fluids. Editorial: Tulsa, Okla. 2ed. PennWell Books, ©. 1990. Pág. 2.

MIRANDA MIRANDA, Juan José. Gestión de proyectos identificación – formulación evaluación financiera – económica – social – ambiental. Capítulo 9. Cuarta edición Pág. 252 a 295. Disponible en: <https://ecaths1.s3.amazonaws.com/practicaprofessionalizante3/1890476755.Gesti%C3%B3n%20de%20Proyectos%20-%20Juan%20Jos%C3%A9%20Miranda.pdf>

NICOLÁS MILLÁN, Regina. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Depósito Legal: M. 15.120-2010. Impresión Gráfica: Gráficas Arias Montano, S. A. 28935 MÓSTOLES (Madrid). Guía de la cogeneración Fenercom. 2010. Pág. 60, 95. Disponible en: <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM015249.pdf>

OPERACIONES LUPATECH. Sistema: Operaciones Servicios Nombre del documento: Generalidades de WT & EPF N° del documento: 03-19-301 Fecha de publicación: 24/04/2015. Pág.1 de 70

QUIMITUBE.com. Teoría 11 Termoquímica: Cálculo de la entalpía de reacción a partir de las entalpías de formación. 2012. Disponible en: <Http://Www.Quimitube.Com/Videos/Termodinamica-Teoria-11-Calculo-De-La-Entalpia-De-Reaccion-A-Partir-De-Las-Entalpias-De-Formacion>

ARBELÁEZ DE MONCALEANO, Ruby. El proceso de la investigación. I Planeación.

SANDOVAL CASILIMAS, Carlos. INVESTIGACIÓN CUALITATIVA 1. Bogotá. Diciembre 2002.

SUÁREZ B., Trino. Capítulo 2. Principios de termoquímica. Evaluación de la edición: Comité Organizador del VII Encuentro con la Química.

UNITROVE. Natural gas calorific value alculator. 2017. Disponible en: <http://unitrove.com/engineering/tools/gas/natural-gas-calorific-value>

VALERIO CELAYA, Gildardo; HERRERA PÉREZ, Juana Imelda. Guía de evaluación técnica, económica y financiera. Proyectos de desarrollo productivo con inversiones fijas y capital de operación. 1998. Pág. 29 a 32 y 64. Disponible en: http://www.crefal.edu.mx/crefal25/images/publicaciones/libros/gildardo_juana.pdf

ANEXOS

ANEXO A. Cálculos de combustión

CROMATOGRAFIA GAS DE CAMPO

CROMATOGRAFÍA GAS DE CAMPO			
COMPONENTES	FORMULA	% MOLAR	FRACCIÓN MOLAR
Hidrogeno	H ₂	0	0
Ácido sulfhídrico	H ₂ S	0	0
Dióxido de carbono	CO ₂	28.08	0.2808
Nitrógeno	N ₂	4.1	0.041
Metano	CH ₄	53.68	0.5368
Etano	C ₂ H ₆	4.25	0.0425
Propano	C ₃ H ₈	3.18	0.0318
isobutano	C ₄ H ₁₀	1.36	0.0136
n-Butano	C ₄ H ₁₀	1.88	0.0188
neopentano	C ₅ H ₁₂	0.02	0.0002
i-Pentano	C ₅ H ₁₂	0.64	0.0064
n-Pentano	C ₅ H ₁₂	0.47	0.0047
hexanos	C ₆	0.58	0.0058
metilciclopentano	C ₆ H ₁₂	0.17	0.0017
benceno	C ₆ H ₆	0.01	0.0001
ciclohexano	C ₆ H ₁₂	0.13	0.0013
heptanos	C ₇	0.29	0.0029
metilciclohexano	C ₇ H ₁₄	0.13	0.0013
tolueno	C ₆ H ₅ CH ₃	0.03	0.0003
octanos	C ₈₊	0.21	0.0021
Etilbenceno	C ₈ H ₁₀	0.02	0.0002
M/P - Xileno	C ₈ H ₁₀	0.02	0.0002
o - Xileno	C ₈ H ₁₀	0.02	0.0002
Nonanos	C ₉ H ₂₀	0.13	0.0013
1,2,4,(TMB) TETRA METIL BENZENO	C ₁₀ H ₁₄	0	0

CROMATOGRAFÍA GAS DE CAMPO			
COMPONENTES	FORMULA	% MOLAR	FRACCIÓN MOLAR
decanos	C ₁₀ H ₂₂	0.4	0.004
Undecano	C ₁₁ H ₂₄	0.2	0.002
		100	1

Fuente. Empresa Operadora

CÁLCULOS DE COMBUSTIÓN

Como primera medida se realizará el conteo del número de moléculas presentes en cada componente del gas (el CH₄ posee una molécula de carbono y cuatro moléculas de hidrógeno) para luego multiplicar dicho valor por el número de moles del componente presente en el gas. Por ejemplo, 5CH₄ nos indica que existen cinco moléculas de metano, en las cuales están presentes cinco moléculas de carbono y veinte moléculas de hidrogeno. Estos valores calculados serán primordiales para realizar el balance estequiométrico de la ecuación de combustión del gas, a su vez, estos datos servirán para calcular valores como la relación aire – combustible, poder calorífico, temperatura de rocío y temperatura de llama adiabática; que es el objetivo principal.

La nomenclatura que con la que se trabajó es la siguiente:

C: Cantidad de moléculas de carbonos

X: Fracción molar de carbonos * Cantidad de carbonos

H: Cantidad de moléculas de hidrógenos

Y: Fracción molar de hidrógenos * Cantidad de hidrógenos

O: Cantidad de moléculas de oxígeno

Z: Fracción molar de oxígenos * Cantidad de oxígenos

N: Cantidad de moléculas de nitrógeno

W: Fracción molar de nitrógenos * Cantidad de nitrógenos

CONTEO DE COMPONENTES DEL GAS

	% MOLAR	x MOLAR	% PESO	x PESO	C	X	H	Y	O	Z	N	W
H	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
H2S	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
CO2	28,08	0,2808	28,42	0,2842	0	0	0	0	2	56,16	0	0
N2	4,10	0,041	4,21	0,0421	0	0	0	0	0	0	2	8,2
CH4	53,68	0,5368	51,27	0,5127	1	53,68	4	214,72	0	0	0	0
C2H6	4,25	0,0425	4,6	0,046	2	8,5	6	25,5	0	0	0	0
C3H8	3,18	0,0318	3,75	0,0375	3	9,54	8	25,44	0	0	0	0
C4H10	1,36	0,0136	1,41	0,0141	4	5,44	10	13,6	0	0	0	0
C4H10	1,88	0,0188	2,76	0,0276	4	7,52	10	18,8	0	0	0	0
C5H12	0,02	0,0002	0,02	0,0002	5	0,1	12	0,24	0	0	0	0
C5H12	0,64	0,0064	0,96	0,0096	5	3,2	12	7,68	0	0	0	0
C5H12	0,47	0,0047	0,85	0,0085	5	2,35	12	5,64	0	0	0	0
C6	0,58	0,0058	0,64	0,0064	6	3,48	14	8,12	0	0	0	0
C6H12	0,17	0,0017	0,18	0,0018	6	1,02	12	2,04	0	0	0	0
C6H6	0,01	0,0001	0,01	0,0001	6	0,06	6	0,06	0	0	0	0
C6H12	0,13	0,0013	0,14	0,0014	6	0,78	12	1,56	0	0	0	0
C7	0,29	0,0029	0,28	0,0028	7	2,03	16	4,64	0	0	0	0
C7H14	0,13	0,0013	0,13	0,0013	7	0,91	14	1,82	0	0	0	0
C7H8	0,03	0,0003	0,04	0,0004	7	0,21	8	0,24	0	0	0	0
C8H18	0,21	0,0021	0,2	0,002	8	1,68	18	3,78	0	0	0	0
C8H10	0,02	0,0002	0,01	0,0001	8	0,16	10	0,2	0	0	0	0
C8H10	0,02	0,0002	0,01	0,0001	8	0,16	10	0,2	0	0	0	0
C8H10	0,02	0,0002	0	0	8	0,16	10	0,2	0	0	0	0
C9H20	0,13	0,0013	0,09	0,0009	9	1,17	20	2,6	0	0	0	0
C9H12	0,00	0	0	0	9	0	12	0	0	0	0	0
C10H22	0,40	0,004	0,02	0,0002	10	4	22	8,8	0	0	0	0
C11H24	0,20	0,002	0	0	11	2,2	24	4,8	0	0	0	0
TOTAL	100	1	100	1	145	108,35	285	350,68	2	56,16	2	8,2

NUMERO DE MOLES DE AIRE (E)

# MOLES CARBONO (X)	# MOLES HIDROGENO (Y)	# MOLES OXIGENO (Z)	# MOLES NITRÓGENO (W)	# MOLES DE AIRE (E)
0,00	2,00	0,00	0,00	0,50
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,00	0,00	2,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	2,00	0,00
1,00	4,00	0,00	0,00	2,00
2,00	6,00	0,00	0,00	3,50
3,00	8,00	0,00	0,00	5,00
4,00	10,00	0,00	0,00	6,50
4,00	10,00	0,00	0,00	6,50
5,00	12,00	0,00	0,00	8,00
5,00	12,00	0,00	0,00	8,00
5,00	12,00	0,00	0,00	8,00
6,00	12,00	0,00	0,00	9,00
6,00	12,00	0,00	0,00	9,00
6,00	6,00	0,00	0,00	7,50
6,00	12,00	0,00	0,00	9,00
7,00	14,00	0,00	0,00	10,50
7,00	14,00	0,00	0,00	10,50
7,00	8,00	0,00	0,00	9,00
8,00	10,00	0,00	0,00	10,50
8,00	10,00	0,00	0,00	10,50
8,00	10,00	0,00	0,00	10,50
8,00	10,00	0,00	0,00	10,50
9,00	20,00	0,00	0,00	14,00
10,00	14,00	0,00	0,00	13,50
10,00	22,00	0,00	0,00	15,50
11,00	24,00	0,00	0,00	17,00
147,00	274,00	2,00	2,00	214,50

NUMERO DE MOLES DE AIRE (ϵ) $\epsilon = X + \frac{1}{4}Y - \frac{1}{2}Z$

MASA MOLAR DE COMBUSTIBLE m_f

# DE MOLES CARBONO (X)	# DE MOLES HIDROGENO (Y)	# DE MOLES OXIGENO (Z)	# DE MOLES NITRÓGENO (W)	MASA MOLAR DE COMBUSTIBLE
0,00	2,00	0,00	0,00	2,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,00	0,00	2,00	0,00	44,00
0,00	0,00	0,00	2,00	28,00
1,00	4,00	0,00	0,00	16,00
2,00	6,00	0,00	0,00	30,00
3,00	8,00	0,00	0,00	44,00
4,00	10,00	0,00	0,00	58,00
4,00	10,00	0,00	0,00	58,00
5,00	12,00	0,00	0,00	72,00
5,00	12,00	0,00	0,00	72,00
5,00	12,00	0,00	0,00	72,00
6,00	12,00	0,00	0,00	84,00
6,00	12,00	0,00	0,00	84,00
6,00	6,00	0,00	0,00	78,00
6,00	12,00	0,00	0,00	84,00
7,00	14,00	0,00	0,00	98,00
7,00	14,00	0,00	0,00	98,00
7,00	8,00	0,00	0,00	92,00
8,00	10,00	0,00	0,00	106,00
8,00	10,00	0,00	0,00	106,00
8,00	10,00	0,00	0,00	106,00
8,00	10,00	0,00	0,00	106,00
9,00	20,00	0,00	0,00	128,00
10,00	14,00	0,00	0,00	134,00
10,00	22,00	0,00	0,00	142,00
11,00	24,00	0,00	0,00	156,00
147,00	274,00	2,00	2,00	2098,00

MASA MOLAR DE COMBUSTIBLE $m_f = 12X + Y + 16Z + 14W$

RELACIÓN AIRE / COMBUSTIBLE

# MOLES DE AIRE (ϵ)	MOLES DE AIRE REQUERIDAS POR CADA MOL DE OXIGENO	MASA MOLAR DE AIRE	MASA MOLAR DE COMBUSTIBLE	RELACIÓN AIRE - COMBUSTIBLE
0,50	4,77	28,97	2,00	34,55
0,00	4,77	28,97	0,00	0,00
0,00	4,77	28,97	44,00	0,00
0,00	4,77	28,97	28,00	0,00
2,00	4,77	28,97	16,00	17,27
3,50	4,77	28,97	30,00	16,12
5,00	4,77	28,97	44,00	15,70
6,50	4,77	28,97	58,00	15,49
6,50	4,77	28,97	58,00	15,49
8,00	4,77	28,97	72,00	15,35
8,00	4,77	28,97	72,00	15,35
8,00	4,77	28,97	72,00	15,35
9,00	4,77	28,97	84,00	14,81
9,00	4,77	28,97	84,00	14,81
7,50	4,77	28,97	78,00	13,29
9,00	4,77	28,97	84,00	14,81
10,50	4,77	28,97	98,00	14,81
10,50	4,77	28,97	98,00	14,81
9,00	4,77	28,97	92,00	13,52
10,50	4,77	28,97	106,00	13,69
10,50	4,77	28,97	106,00	13,69
10,50	4,77	28,97	106,00	13,69
10,50	4,77	28,97	106,00	13,69
14,00	4,77	28,97	128,00	15,11
13,50	4,77	28,97	134,00	13,92
15,50	4,77	28,97	142,00	15,08
17,00	4,77	28,97	156,00	15,06
214,50	128,79	782,19	2098,00	375,45

RELACIÓN AIRE / COMBUSTIBLE

FÓRMULA	ENTALPIA DE FORMACIÓN	REACCIÓN QUÍMICA DE COMBUSTIÓN	ENTALPIA DE FORMACIÓN (O ₂)	ENTALPIA DE FORMACIÓN (CO ₂)	ENTALPIA DE FORMACIÓN (H ₂ O)	ENTALPIA DE REACCIÓN	(Pc) PARA LA EC ESCRITA (kJ/mol)
CH ₄	-74808,00	CH ₄ + 2 O ₂ = CO ₂ + 2 H ₂ O	0,00	-393,51	-285,83	-74,87	-890,30
C ₂ H ₆	-84565,00	2 C ₂ H ₆ + 7 O ₂ = 4 CO ₂ + 6 H ₂ O	0,00	-393,51	-285,83	-83,80	-3121,42
C ₃ H ₈	-104700,00	C ₃ H ₈ + 5 O ₂ = 3 CO ₂ + 4 H ₂ O	0,00	-393,51	-285,83	-103,85	-2220,00
C ₄ H ₁₀	-134830,00	2 C ₄ H ₁₀ + 13 O ₂ = 8 CO ₂ + 10 H ₂ O	0,00	-393,51	-285,83	134,83	-6276,04
C ₄ H ₁₀	-126270,00	2 C ₄ H ₁₀ + 13 O ₂ = 8 CO ₂ + 10 H ₂ O	0,00	-393,51	-285,83	126,15	-6258,68
C ₅ H ₁₂	-168000,00	C ₅ H ₁₂ + 8 O ₂ = 5 CO ₂ + 6 H ₂ O	0,00	-393,51	-285,83	-154,29	-3528,24
C ₅ H ₁₂	-154290,00	C ₅ H ₁₂ + 8 O ₂ = 5 CO ₂ + 6 H ₂ O	0,00	-393,51	-285,83	-154,29	-3528,24
C ₅ H ₁₂	-147390,00	C ₅ H ₁₂ + 8 O ₂ = 5 CO ₂ + 6 H ₂ O	0,00	-393,51	-285,83	-146,44	-3536,09

Fuente. Los Autores

$$Rel \frac{A}{C} = \frac{(\epsilon) \text{ MOLES DE AIRE REQUERIDAS POR CADA MOL DE OXIGENO * MASA MOLAR DE AIRE}}{\text{MASA MOLAR DE COMBUSTIBLE}}$$

PODER CALORÍFICO PARA LA ECUACIÓN ESCRITA

Primera ley de la termodinámica

$$\frac{\dot{Q}}{\dot{n}_f} = \bar{q} = \bar{H}_p - \bar{H}_r$$

$$\sum_i n_{p_i} \bar{h}_{p_i}(T_p) - \sum_i n_{r_i} \bar{h}_{r_i}(T_r)$$

$\Delta \bar{H}^0_F$ ENTALPIA DE FORMACION

$\Delta \bar{H}^0_R$ ENTALPIA DE REACCIÓN

PODER CALORÍFICO PARA UNA MOL DE COMPUESTO

REACCIÓN QUÍMICA DE COMBUSTIÓN	COEFICIENTES ESTEQUIOMETRICO COS 1 (ch)	(Pc) PARA LA EC ESCRITA (kJ/mol)	ENTALPIA DE COMBUSTIÓN poder calorífico (kJ/mol)
$\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	1,00	-890,30	-890,30
$2 \text{C}_2\text{H}_6 + 7 \text{O}_2 = 4 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$	2,00	-3121,42	-1560,71
$\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 = 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$	1,00	-2220,00	-2220,00
$2 \text{C}_4\text{H}_{10} + 13 \text{O}_2 = 8 \text{CO}_2 + 10 \text{H}_2\text{O}$	2,00	-6276,04	-3138,02
$2 \text{C}_4\text{H}_{10} + 13 \text{O}_2 = 8 \text{CO}_2 + 10 \text{H}_2\text{O}$	2,00	-6258,68	-3129,34
$\text{C}_5\text{H}_{12} + 8 \text{O}_2 = 5 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$	1,00	-3528,24	-3528,24
$\text{C}_5\text{H}_{12} + 8 \text{O}_2 = 5 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$	1,00	-3528,24	-3528,24
$\text{C}_5\text{H}_{12} + 8 \text{O}_2 = 5 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$	1,00	-3536,09	-3536,09

Fuente. Los Autores

REACCION QUIMICA DE COMBUSTION

COEFICIENTES ESTEQUIOMETRICOS 1 (ch)

PODER CALORÍFICO PARA UN GAS ESPECÍFICO (GAS DE CAMPO)

ENTALPIA DE COMBUSTIÓN PODER CALORÍFICO (KJ/MOL)	FRACCIÓN MOLAR PVT CAMPO	PODER CALORÍFICO GAS CAMPO (KJ/MOL)
-890,30	0,5368	-477,91304
-1560,71	0,0425	-66,330175
-2220,00	0,0318	-70,596
-3138,02	0,0136	-42,677072
-3129,34	0,0188	-58,831592
-3528,24	0,0002	-0,705648
-3528,24	0,0064	-22,580736
-3536,09	0,0047	-16,619623
		-756,253886

Fuente. Los Autores

$$P_c \text{ DEL GAS} = P_c * \text{FRACCION MOLAR}$$

PROPIEDADES DE GAS DE CAMPO

PROPIEDADES DEL COMBUSTIBLE	UNIDADES	VALOR
Temperatura de referencia de la combustión	(° C)	15.0
Temperatura de referencia de la medición	(° C)	15.0
Presión de referencia de medición	(kPa)	101.325
Peso molecular medio	(g / mol)	29.351
Valor calorífico superior (bruto)	(kJ / mol)	805.94
Valor calorífico inferior (neto)	(kJ / mol)	732,77
Valor energético superior (bruto)	(MJ / kg)	27,46
Valor calorífico inferior (neto)	(MJ / kg)	24.97
Superior (bruto) valor calorífico	(MJ / m³)	34.25
Valor calorífico inferior (neto)	(MJ / m³)	31.14
Valor calorífico superior (bruta)	(kWh / kg)	7.63
Valor calorífico inferior (neto)	(kWh / kg)	6.94 Referencia

ISO 6976 (1995) Gas natural - Cálculo de los valores caloríficos, densidad, densidad relativa e índice de Wobbe de la composición

ANEXO B. Cálculos de presupuestos de Cambio de tecnología

A continuación se darán paso a paso los diferentes costos de montaje, desmontaje del nuestro generador antiguo por el nuevo que funcionara con el gas de campo:

1. Desmontaje del generador eléctrico diésel.

desmontaje del generador eléctrico diésel
--

GI

1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	UNIDAD	TIPO	TARIFA	RENDIMI.	SUBTOTAL
<i>HERRAMIENTA MENOR</i>	GL				100,000.00
Retro escavadora	Hr	Pesado	160,000.00	8.00	1280000
Cisalla	Und	Liviano	60,000.00	2.00	120000
SUB TOTAL					1,500,000.00

2. MATERIALES EN OBRA	UNIDAD	PR./UNIT.	CANTIDAD	SUBTOTAL
Madera	m2	15,000.00	4.00	60,000.00
Guallas de fibra de acero	m	25,000.00	10.00	250,000.00
Reatas de fibra	m	74.00	2.00	148.00
				-
				-
Desperdicios	0.05			15,507.40
SUB TOTAL				325,655.40

3. TRANSPORTES	VOL-PESO	DIST. (km)	M3-TON/km	TARIFA	SUBTOTAL
camabaja		10.00	700,000.00	1.30	910,000.00
camioneta		10.00	80,000.00	1.00	80,000.00
SUB TOTAL					990,000.00

4. MANO DE OBRA	JORNAL	PREST.	JORNAL TOT.	RENDIM.	SUBTOTAL	CANTIDAD
AYUDANTE CONSTRUCCIÓN	70,000.00	52,500.00	122,500.00	1.00	367,500.00	3.00
OFICIAL	90,000.00	67,500.00	157,500.00	1.00	157,500.00	1.00
operario especializado	150,000.00	112,500.00	262,500.00	1.00	262,500.00	1.00
SUB TOTAL						1,522,500.00
TOTAL					\$4,338,155.40	

2. Construcción de la base para el nuevo generador

CONSTRUCCIÓN DE BASE PARA NUEVO GENERADOR ELÉCTRICO DE GAS

GI

1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	UNIDAD	TIPO	TARIFA	RENDIMI.	SUBTOTAL
HERRAMIENTA MENOR	GL				100,000.00
mezcladora	h	Liviano	60,000.00	2.00	120,000
SUB TOTAL					220,000.00

2. MATERIALES EN OBRA	UNIDAD	PR./UNIT.	CANTIDAD	SUBTOTAL
concreto de 3000psi	m3	550,000.00	2.70	1,485,000.00
acero con fy=6000 psi	kg	7,000.00	121.70	851900
madera	m	15,000.00	4.00	60,000.00
				-
				-
Desperdicios	0.05			119,845.00
SUB TOTAL				2,516,745.00

3. TRANSPORTES	VOL- PESO	DIST. (km)	M3-TON/km	TARIFA	SUBTOTAL
turbo		10.00		300,000.00	300,000.00
SUB TOTAL					300,000.00

4. MANO DE OBRA	JORNAL	PREST.	JORNAL TOT.	RENDIM.	SUBTOTAL	CANTIDAD
AYUDANTE CONSTRUCCIÓN	70,000.00	52500.00	122,500.00	0.10	36,750.00	3.00
OFICIAL	90,000.00	67500.00	157,500.00	0.10	15,750.00	1.00
MAESTRO OBRA	90,000.00	67500.00	157,500.00	0.10	15,750.00	
SUB TOTAL						126,000.00

TOTAL	\$3,162,745.00
--------------	-----------------------

3. Montaje del generador a gas

Montaje de generador eléctrico a base de gas

und

1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	UNIDAD	TIPO	TARIFA	RENDIMI.	SUBTOTAL
HERRAMIENTA MENOR	GL				100,000.00
retro excavadora		Pesado	160,000.00	8.00	1,280,000
cisalla		Liviano	60,000.00	2.00	120,000.00
SUB TOTAL					1,500,000.00

2. MATERIALES EN OBRA	UNIDAD	PR./UNIT.	CANTIDAD	SUBTOTAL
Madera	m	-	-	-
Guallas de fibra de acero	UND	-	-	-
Reatas de fibra	KG	-	-	-
Desperdicios	0.05			-
SUB TOTAL				-

3. TRANSPORTES	VOL-PESO	DIST. (km)	M3-TON/km	TARIFA	SUBTOTAL
Cama baja		10.00	700,000.00	1.30	910,000.00
Camioneta		10.00	80,000.00	1.00	80,000.00
SUB TOTAL					990,000.00

4. MANO DE OBRA	JORNAL	PREST.	JORNAL TOT.	RENDIM.	SUBTOTAL	CANTIDAD
AYUDANTE CONSTRUCCIÓN	70,000.00	52,500.00	122,500.00	1.00	367,500.00	3.00
OFICIAL	90,000.00	6,750.00	96,750.00	1.00	96,750.00	1.00
OPERARIO ESPECIALIZADO	3,000,000.00	-	3,000,000.00	1.00	3,000,000.00	1.00
SUB TOTAL						4,199,250.00

TOTAL	\$ 6,689,250.00
--------------	------------------------

ANEXO C. Grupos generadores - HIMOINSA ENERGY



HIMOINSA®
THE ENERGY



Es una imagen comercial de un contenedor de HIMOINSA para grupos de cogeneración. No se corresponde con la versión constructiva del modelo cotizado en el presente documento.



Ctra. Murcia-San Javier, Km. 3,6 | 30730 San Javier (Murcia), SPAIN | Tels: +34 902 319 112 | +34 968 719 112
Fax: +34 968 19 112 | Email: info@himoinsa.com | www.himoinsa.com





HIMOinsa[®]
THE ENERGY

Oferta Comercial

OF016.01909JC 09 de noviembre de 2016

A:

MAURICIO OJEDA

Proyecto: Campo Petrolero Colombiano

De:

José Cerezuela

HIMOinsa PTY

E-mail: jcerezuela@himoinsa.com.pa





Modelo: HCPE 190 T6 BIO

Página 1 de 13

GAMA COGENERACIÓN

Estático Estándar (Abierto)

Powered by TEDOM

SERVICIO POTENCIA		COP
	kW	187
ELÉCTRICA (*) POTENCIA		
	kW	118
TÉRMICA (*) VELOCIDAD GIRO		
	rpm	1.800
MOTOR VOLTAJE FRECUENCIA	V	220
	Hz	60
ELÉCTRICA COS (PHI)		0,8i

(*) Según composición estándar de combustible y según condiciones ambientales estándar





ÍNDICE

1. CONDICIONES ESTÁNDAR Y ESPECÍFICAS	3
1.1. Condiciones Estándar	3
Condiciones Específicas	
1.2.	3
DESCRIPCIÓN. ALCANCE DE SUMINISTRO	
2.	4
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	
3.	5
3.1. Especificaciones técnicas generales	5
3.2. Especificaciones técnicas del motor	5
3.3. Balance energético	6
SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE CALOR	
4.	7
SISTEMA DE REFRIGERACION	
5.	8
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	
6.	9
7. SISTEMA DE LUBRICACIÓN	9
SISTEMA DE ARRANQUE	
8.	9
ALTERNADOR	
9.	10
SILENCIOSO	
10.	10
11. CUADRO DE PROTECCIÓN Y CUADRO DE CONTROL	10



11.1. Cuadro de protección	10
11.2. Cuadro de control	11
12. CUADRO ELÉCTRICO PARA SERVICIOS AUXILIARES	11
13. LISTA DE PRECIOS	11
14. EXCLUSIONES DE SUMINISTRO	12
15. CONDICIONES GENERALES DE VENTA	13





HIMOINSA
THE ENERGY

1. CONDICIONES ESTÁNDAR Y ESPECÍFICAS

1.1. Condiciones Estándar

Condiciones ambientales estándar, según ISO 3046-1:

- Temperatura ambiente: 25°C
- Altitud: 100m
- Humedad relativa: 30%

Composición de gas estándar: según ficha técnica de motor, y según calidad de combustible recomendada por motorista.

1.2. Condiciones Específicas

Condiciones ambientales específicas:

- Temperatura máxima de ambiente: 38°C
- Altitud: 467m
- Humedad relativa: 77%





HIMOINSA®
THE ENERGY

Composición de gas:

Sample I.D.			
Test Stage		1	2
Stage Pressure (psig)		45	0
Component (Mole%)			
H ₂	Hydrogen	0.00	0.00
H ₂ S	Hydrogen Sulphide	0.00	0.00
CO ₂	Carbon Dioxide	28.08	28.42
N ₂	Nitrogen	4.10	4.21
C ₁	Methane	53.68	51.27
C ₂	Ethane	4.25	4.60
C ₃	Propane	3.18	3.75
iC ₄	i-Butane	1.36	1.41
nC ₄	n-Butane	1.88	2.76
C ₅	Neo-Pentane	0.02	0.02
iC ₅	i-Pentane	0.64	0.96
nC ₅	n-Pentane	0.47	0.85
C ₆	Hexanes	0.58	0.64
	M-C-Pentane	0.17	0.18
	Benzene	0.01	0.01
	Cyclohexane	0.13	0.14
C ₇	Heptanes	0.29	0.28
	M-C-Hexane	0.13	0.13
	Toluene	0.03	0.04
C ₈	Octanes	0.21	0.20
	E-Benzene	0.02	0.01
	M/P-Xylene	0.02	0.01
	O-Xylene	0.02	0.00
C ₉	Nonanes	0.13	0.09
	1,2,4-TMB	0.00	0.00
C ₁₀	Decanes	0.40	0.02
C ₁₁₊	Undecanes plus	0.20	0.00

Composición de gas a confirmar por motorista.

2. DESCRIPCIÓN. ALCANCE DE SUMINISTRO

En la presente cotización se especifican una unidad de grupo de cogeneración HIMOINSA HCPE 190 T6 BIO, versión Estático Estándar (abierto), de 187 kW de potencia eléctrica continua (COP), y potencia térmica de 118 kW, alimentado con Biogás, incluyendo los siguientes equipos:





- Conjunto monoblock: motor TEDOM y alternador HIMOINSA.
- Chasis estático estándar para aplicaciones de CHP.
- Tren de gas con equipos de regulación, medida y protección descritos en el apartado “4. Sistema de Combustible”.
- Sistema de recuperación de calor de agua de refrigeración, incluyendo intercambiador de placas.
- Vaso de expansión para el circuito de refrigeración HT, *High Temperature* (circuito de recuperación de calor de agua de refrigeración y circuito de recuperación de calor de gases de escape).
- Vaso de expansión para el circuito de refrigeración LT, *Low Temperature* (circuito de refrigeración de intercooler en la etapa de Baja Temperatura).
- Batería de aerorefrigeradores en disposición horizontal, para disipar el calor no aprovechado en la cogeneración. Este sistema está formado por una batería principal, dimensionada para la disipación de calor de producido en el bloque del motor, sistema de lubricación, así como en el circuito de alta temperatura del intercooler. Además, se añadirá otra batería secundaria para Página 4 de 13 disipar el calor generado en el circuito de baja temperatura del intercooler.

Esta batería de aerorefrigeradores horizontales se suministrará suelta.

- Silencioso residencial para gases de escape.
- Cuadro de control y cuadro de protección.
- Cuadro eléctrico de servicios auxiliares.
- Documentación.





3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

3.1. Especificaciones técnicas generales

Modelo del grupo

HCPE 190 T6 BIO

Configuración

Estático Estándar (Abierto)

Combustible

Biogás

Potencia eléctrica nominal COP*

187 kW

Potencia térmica nominal*

118 kW

Velocidad de giro del motor

1.800 rpm

Sistema eléctrico

Trifásico 4P; 220V/127V; 60 Hz

Recuperación de calor de gases de escape

NO

Recuperación de calor de sistema de refrigeración

SÍ

Presión de alimentación de combustible

70 mbar – 500 mbar

Modo de funcionamiento

Único CHP en isla

**Según condiciones ambientales específicas. No se considera la potencia eléctrica consumida por los servicios auxiliares del sistema de cogeneración, principalmente aerorefrigerador horizontal y bombas eléctricas de trasiego de refrigerante.*





HIMOINSA
THE ENERGY

3.2 Especificaciones técnicas del motor

Motorista	TEDOM
Modelo	TB 200 G8V TW 86
Velocidad de giro	1.800 rpm
Ciclo	Ciclo Otto
Número de cilindros	6
Disposición	L
Alimentación	Turboalimentado y post-enfriado
Diámetro x Carrera	130 mm x 150 mm
Cilindrada	11,946 litros
Potencia mecánica bruta motor*	201 kW
Sistema de refrigeración	Líquido
Regulador	Electrónico
Acoplamiento	SAE 1 14"

**Según ISO 3046-1 y según condiciones estándar de composición de combustible y condiciones*





3.3. Balance energético

Balance de potencias*

Potencia mecánica bruta motor (COP)	201 kW
Rendimiento del alternador	93,2 %
Potencia eléctrica COP**	187 kW
Potencia consumida	518 kW
Potencia térmica aprovechada en camisas, bloque motor, sistema de lubricación y primera etapa de intercooler	118 kW
Potencia térmica disipada en circuito de baja temperatura de intercooler	13 kW
Potencia térmica disipada gases de escape	130 kW
Potencia térmica total	118 kW

Balance de rendimientos*

Rendimiento eléctrico	36,1 %
Rendimiento térmico	22,8 %
Rendimiento global	58,9 %



HIMOINSA®
THE ENERGY

Balance de caudales, temperaturas y presiones*

Caudal consumo combustible	80 Nm ³ /h
Caudal gases de escape a	1.051 kg/h
Caudal nominal de aire para combustión	971 kg/h
Caudal mínimo refrigeración motor	300 l/min
Caudal total circuito baja temperatura de intercooler	75 l/min
Temperatura refrigerante máxima y mínima a la salida del motor	95 °C / 85 °C

**Según ISO 3046-1 y según condiciones estándar de composición de combustible y condiciones de altitud y temperatura.*

***No se considera la potencia eléctrica consumida por los servicios auxiliares del sistema de cogeneración, principalmente aerorefrigerador horizontal y bombas eléctricas de trasiego de refrigerante.*

SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE CALOR

El sistema de recuperación de calor del este equipo de cogeneración es referido en la presente cotización como "Circuito HT (High Temperature)". Este circuito engloba la recuperación de calor disipado en:

- Circuito de refrigeración del bloque motor,
- Circuito de lubricación del motor, y
- Circuito de alta temperatura del intercooler.





HIMOINSA®
THE ENERGY

El calor disipado en los equipos anteriores será recuperado mediante un intercambiador de placas. En este equipo, se transfiere el calor disipado desde el líquido refrigerante hacia el agua producto o agua de cliente. Para su correcto funcionamiento, se incluye la instalación un vaso de expansión, tuberías, sensores de presión y temperatura, bomba de circulación de líquido refrigerante en este circuito, así como la valvulería, y componentes del sistema de control referidos en la presente cotización.

En resumen, el alcance de suministro del sistema de recuperación de calor consta de:

- El suministro e instalación del intercambiador de placas (agua de refrigeración – agua de cliente).
- El suministro e instalación de bomba de agua de refrigeración para la recuperación de calor en el circuito HT.
- El suministro e instalación de un vaso de expansión para el circuito de HT.
- El suministro e instalación de diversos sensores e interruptores, puntos de llenado y purgado, válvulas de corte manual, electroválvulas, válvulas de by-pass necesarias, manómetros e indicadores de temperatura.
- Las conexiones entre el intercambiador y el motor irán provistas de juntas de compensación con el fin de reducir lo máximo posible las vibraciones.
- La instalación de tuberías serán las referidas únicamente a las del circuito primario de refrigeración del motor. Estas tuberías se suministrarán aisladas mediante lana de roca y revestida en chapa de aluminio. No se incluyen las tuberías que conducen el agua producto o agua de cliente.





HIMOINSA®
THE ENERGY

En cuanto al circuito de baja temperatura del intercooler, Circuito Low Temperature (LT), no se considerará su sistema de recuperación de calor asociado. Por lo tanto, el calor generado en este último circuito será constantemente disipado al ambiente mediante la batería secundaria de aerorefrigeradores horizontales descritos en el siguiente apartado.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El objetivo principal de cualquier equipo de cogeneración es recuperar el calor disipado por todos los componentes del motor en su balance térmico. Sin embargo, en el caso no recuperar esta potencia térmica, se ha de garantizar la refrigeración de todos los componentes del grupo.

Para el diseño del circuito de refrigeración de este grupo de cogeneración, se tienen en cuenta los siguientes circuitos de refrigeración:

- a) Circuito de refrigeración HT, High Temperature.
- b) Circuito de refrigeración LT, Low Temperature.

Ambos circuitos anteriores, están diseñados para disipar la potencia térmica descrita en el apartado 2 de la presente cotización.

1. Circuito de refrigeración HT, High Temperature.

Este circuito es referido a la refrigeración de la primera fase (o fase de alta temperatura) del intercooler y de bloque motor. Para ello, se emplea el circuito principal de la batería de aerorefrigerador horizontal incluido en la presente cotización.





2. Circuito de refrigeración LT, Low Temperature.

Este circuito es referido a la refrigeración a la fase de baja temperatura del intercooler.

Para ello, se emplea el circuito secundario de la batería de aerorefrigerador horizontal [Página 8 de 13](#) incluido en la presente cotización.

El equipamiento considerado en el sistema de recuperación de calor consta de:

- El suministro de batería de aerorefrigerador horizontal, dividiéndose en circuito primario y secundario de refrigeración descritos previamente.
- El suministro e instalación de bomba de agua de refrigeración para este circuito.
- El suministro e instalación de un vaso de expansión para el circuito LT.
- El suministro e instalación de diversos sensores e interruptores, puntos de llenado y purgado, válvulas de corte manual, electroválvulas, válvulas de by-pass necesarias, manómetros e indicadores de temperatura.
- El suministro e instalación de las tuberías de conexionado entre el motor y batería de aerorefrigerador horizontal.
- Las conexiones entre el intercambiador y el motor irán provistas de juntas de compensación con el fin de reducir lo máximo posible las vibraciones.
- Sí se incluyen las canalizaciones de refrigerante que conectan el circuito HT y el circuito LT con los aerorefrigeradores horizontales, considerando la instalación del aerorefrigerador en el techo del contenedor.
- No se incluyen las canalizaciones de agua producto que conectan el circuito HT y el circuito LT con los aerorefrigeradores horizontales.



HIMOINSA®
THE ENERGY

SISTEMA DE COMBUSTIBLE

Sistema de combustible compuesto por un mezclador aire/gas y tren de gas:

- Brida de conexión de combustible.
- Válvula de corte manual.
- Filtro de gas.
- Regulador de baja presión.
- Válvula de corte automática de doble solenoide.
- Presostato de seguridad por baja presión.
- Sistema de seguridad automático de chequeo de estanqueidad de electroválvula.
- Manómetros de entrada y salida del tren de gas.

- **Adicionalmente se incluye:**
 - **Regulador de gas para una máxima presión de operación de 5 bar.**
 - **Extintor manual 5 kg CO2.**





HIMOINSA®
THE ENERGY

7. SISTEMA DE LUBRICACIÓN

El sistema de lubricación motor está compuesto por filtros de cartuchos intercambiables y sensores de presión y temperatura (lectura y disparo). Se incluye además, una bomba manual de extracción aceite.


8. SISTEMA DE ARRANQUE

El sistema eléctrico de arranque está formado básicamente por un alternador y un sistema de almacenamiento de carga: batería. Cuando el motor está en funcionamiento, el alternador del sistema de arranque alimenta la carga de la batería, disponiendo ésta última una tensión nominal de 24VDC, manteniendo así un óptimo valor de carga en batería.

Es un sistema de batería libre de mantenimiento, instalada mediante soporte en la base del grupo de cogeneración, con cables de conexión resistentes y con protección de bornes.

Además, se incluye un cargador de baterías estático alimentado por tensión de red 230VAC monofásico. Los cargadores de baterías utilizados por Himoinsa monitorizan continuamente la intensidad de carga y la tensión, impidiendo llegar a niveles de carga superiores a los ajustados y evitando la descomposición del electrolito en hidrogeno y oxigeno causada por una excesiva corriente o tensión.



 El sistema eléctrico se completa por una instalación de toma de tierra, con conexión prevista para pica de tierra (pica no suministrada).

9. ALTERNADOR

El alternador HIMOINSA modelo HS 270 C2 dispone de una potencia máxima en continuo de 245 kVA para un factor de potencia 0,8 inductivo a 220V/127V 60 Hz. Este alternador está equipado con un control de voltaje y de $\cos(\phi)$. Además, las especificaciones técnicas generales de este equipo son las siguientes:

- Sin escobillas.
- 4 polos.
- 12 hilos.
- Aislamiento clase H.
- Factor de potencia nominal: 0,8 inductivo.
- Voltaje: 400 V
- Frecuencia: 60 Hz. at 1.800 rpm.
- IP23.
- Auto-ventilado.
- Paso bobinado 2/3.
- Auto-regulado con AVR: **Se ha incluido regulador AS440.**

10. SILENCIOSO

El sistema de escape está compuesto por un silencioso y un flexible o compensador (según versiones) suministrados sueltos para facilitar su transporte montaje e instalación. El silencioso cotizado es la versión residencial de HIMOINSA, consiguiendo una atenuación 35dB(A).





11. CUADRO DE PROTECCIÓN Y CUADRO DE CONTROL

11.1. Cuadro de protección

Se incluirá en un armario externo, siendo el equipo eléctrico principal de este cuadro eléctrico es el siguiente:

- Interruptores magnetotérmico motorizado de 4 polos: Protección contra sobrecargas y corto-circuitos. Además, se incluye mando motorizado para poder maniobrar en operaciones de paralelo.

11.2. Cuadro de control

El cuadro de control cotizado es la central **Delomatic-400 Gas del fabricante DEIF**, con la que es posible el control y visualización de variables eléctricas y térmicas del grupo de cogeneración.

Esta central es de aplicación para plantas de cogeneración, trabajando en isla o en paralelo con la red eléctrica.

Las funciones generales de la central DEIF Delomatic-400 Gas son las siguientes:

- Protección y mando de generador y de red (u otras fuentes generadoras de energía, como por ejemplo un grupo electrógeno diésel), así como las protecciones y el control completo del motor de gas, e incluyendo además todos los sistemas auxiliares.
- Conmutación, sincronización y control de potencia.





HIMOINSA®
THE ENERGY

- Regulación de velocidad y control de la mezcla mediante sonda Lambda o mediante sonda de presión/temperatura en el colector de admisión.
- Pantalla táctil de 12" con supervisión y configuración de todos los parámetros.

12. CUADRO ELÉCTRICO PARA SERVICIOS AUXILIARES

Se dispondrá de un cuadro eléctrico para servicios auxiliares de grupo de cogeneración. Se incluye las protecciones magnetotérmicas, relés, fusibles así como Página 11 de 13 toda la aparamenta eléctrica necesaria para asegurar la protección eléctrica de equipos auxiliares del sistema de cogeneración: principalmente bombas eléctricas de refrigerante y aerorefrigerador horizontal.

13. LISTA DE PRECIOS

PRECIO NETO, SEGÚN EL ALCANCE DE SUMINISTRO DESCRITO:

*1 unidad HCPE 190 T6 BIO, incluyendo central DEIF Delomatic-400, así como todos los equipos descritos en el alcance de suministro de la presente cotización, tiene un **precio neto de 130.515,00 USD.***

Este precio se entiende como precio neto, por mercancía en origen, sobre camión y totalmente operativo de acuerdo al alcance de suministro descrito, sin incluir IVA, ni impuestos especiales. Cualquier variación en el alcance de suministro, en las características técnicas de los equipos y/o en las calidades de los materiales podrá ser objeto de revisión de precios por parte de HIMOINSA.





EXCLUSIONES DE SUMINISTRO

Queda excluido de la presente oferta cualquier elemento que no haya sido descrito anteriormente. A su vez, quedan excluidas del presente suministro las siguientes partidas:

- Obra civil.
- Puesta en marcha.
- Queda excluido cualquier montaje eléctrico o mecánico ajeno a los mencionados en el alcance de suministro.
- Queda excluido cualquier obra o acondicionamiento necesario para la correcta instalación de los equipos.
- Se excluye la conexión del embarrado eléctrico del grupo de generación a la red local de baja tensión de la planta y/o con la red pública.
- El suministro e instalación de contadores de gas o energía térmica salvo mención expresa.
- Modificaciones o ajustes de cualquier parte de los equipos debido a las autoridades locales.
- Todo tipo de permisos de las autoridades eventualmente necesarios.
- Instalaciones de puesta a tierra o protecciones contra rayos.
- Inspecciones por terceras partes
- Se excluyen del suministro todos los gastos derivados de las maniobras de puesta en marcha (electricidad, agua, gas, etc.).
- Queda excluido cualquier equipo y/o elemento necesario para manejo de cargas pesadas durante descarga y montaje.
- Queda excluida del suministro la descarga y posicionamiento del grupo.



HIMOINSA
THE ENERGY

- Otros dispositivos técnicos que podrían ser necesarios en algunos casos como, por ejemplo, la adaptación de la presión de gas o medidas especiales de insonorización.
- Se excluye del suministro el llenado de los circuitos hidráulicos de los sistemas ofertados (aceite de lubricación y agua glicolada).
- Se excluye el suministro de equipos relativos al agua de producto o cliente: sistema de bombeo, tuberías, valvulería, así como cualquier otro equipo implicado en la instalación de agua producto del cliente.
- Todas las medidas de seguridad de acuerdo con las leyes relativas a las condiciones de trabajo y a la presencia de personal de HIMOINSA.

15. CONDICIONES GENERALES DE VENTA

Plazo de entrega	Por definir.
Periodo de validez de la oferta	30 días.
Condiciones de pago	Por definir.
Embalaje	Incluido embalaje estándar. Embalajes especiales se cotizarán por separado. Ex Works SAN JAVIER (Murcia, España)
Incoterm	El Departamento Post-Venta HIMOINSA gestionará este servicio. Las particularidades de la garantía están especificadas en el manual del grupo de cogeneración que se incluye en la documentación entregada. Para aplicar la cobertura de garantía de Himoinsa, antes de la confirmación de pedido el cliente deberá comunicar al Departamento Técnico de Himoinsa la siguiente información de la aplicación de cogeneración: condiciones ambientales (fundamentalmente temperatura, altitud y humedad relativa), modo de funcionamiento y composición
Garantía	completa del gas a utilizar.
Instalación	No incluida.





HIMOINSA®
THE ENERGY

Puesta en marcha	No incluida.
Pruebas	Todos los grupos de cogeneración son testeados en nuestras instalaciones según nuestro estándar antes del envío.
Piezas de repuesto	Cualquier petición será atendida por el Departamento de Repuestos de HIMOINSA.
Mantenimiento	No ofertado. Siempre según el libro de operación del grupo de cogeneración.

Esperando que esta oferta sea de su agrado, quedamos a su disposición para cualquier aclaración que desee. Sin otro particular, reciba un cordial saludo.



HIMOINSA empresa con certificación de calidad ISO 9001

Los grupos electrógenos y de cogeneración HIMOINSA cumplen el mercado CE que incluye las siguientes directivas

- EN ISO 13857:2008 Seguridad de Máquinas.
- 2006/95/CE de Baja Tensión.
- 89/336/CEE de Compatibilidad Electromagnética.
- 2000/14/CE Emisiones Sonoras de Máquinas de uso al aire libre. (Modificada por 2005/88/CE)
- 97/68/CE de Emisión de Gases y Partículas contaminantes. (Modificada por 2002/88/CE y 2004/26/CE) Condiciones ambientales de referencia: 1000 mbar, 25°C, 30% humedad relativa. Potencia según la norma ISO 3046.



Ctra. Murcia-San Javier, kms 3,61 | 30700 San Javier (Murcia) SPAIN | Telf: +34 902 319 411 | 208 434 1968 19 41 226
Fax: +34 968 519 12 17 | Export: Fax: +34 968 519 04 20 | Email: info@himoinsa.com | www.himoinsa.com





HIMOinsa[®]
THE ENERGY

C.O.P. - ISO 8528 : es la potencia que el grupo es capaz de entregar durante un número ilimitado de horas por año entre los intervalos de mantenimiento establecidos y bajo las condiciones ambientales de diseño, siendo el mantenimiento ejecutado conforme a la prescripción del fabricante.

HIMOinsa HEADQUARTERS:

Fábrica: Ctra. Murcia - San Javier, Km. 23,6 | 30730 SAN JAVIER (Murcia) Spain
Tel.+34 968 19 11 28 Fax +34 968 19 12 17 Fax +34968 19 04 20
info@himoinsa.com www.himoinsa.com

Centros Productivos:

ESPAÑA • FRANCIA • INDIA • CHINA • USA • BRASIL

Filiales:

ITALIA | PORTUGAL | POLONIA | ALEMANIA | SINGAPUR | EMIRATOS
ARABES | MEXICO | PANAMÁ | ARGENTINA | ANGOLA | UK



Ctra. Murcia-San Javier, kms. 23,6 | 30730 San Javier (Murcia) SPAIN | Tel: +34 968 19 11 28 | Fax: +34 968 19 12 17 | Export Fax: +34 968 19 04 20 | Email: info@himoinsa.com | www.himoinsa.com



ANEXO D. Grupos generadores - GENERAC

Series SG/PG

GENERAC

**INDUSTRIAL
POWER**

12,9 l

Grupo electrógeno industrial con encendido por bujía

Productos internacionales de Generac

104 kVA - 250 kVA

50 Hz

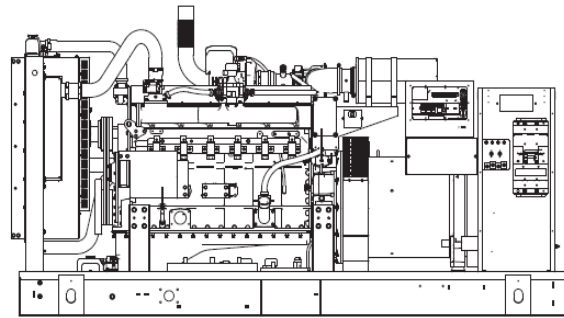


Imagen del generador solo con el propósito de ilustración

Potencia nominal - 50Hz

Generadores para servicio de reserva	
SG104	130 kVA/104 kW
SG120	150 kVA/120 kW
SG140	175 kVA/140 kW
SG160	200 kVA/160 kW
SG184	230 kVA/184 kW
SG200	250 kVA/200 kW

Generadores para servicio principal	
PG084	104 kVA/84 kW
PG096	120 kVA/96 kW
PG112	140 kVA/112 kW
PG128	160 kVA/128 kW
PG147	184 kVA/147 kW
PG160	200 kVA/160 kW

Las calificaciones para servicio principal y servicio de reserva se basan en los voltajes trifásicos.

El número de modelo se basa en el valor nominal de kW.

Alimentación eléctrica anticipada

Por más de 50 años, Generac ha provisto a la industria diseño innovador y fabricación superior.

Generac asegura calidad superior diseñando y fabricando la mayor parte de los componentes de sus generadores, lo que incluye alternadores, gabinetes y tanques de base, sistemas de control y software de comunicaciones.

Los grupos electrógenos de Generac utilizan una amplia variedad de opciones, configuraciones y disposiciones, permitiéndonos satisfacer las necesidades de alimentación eléctrica de reserva de prácticamente toda aplicación.

Generac buscó en todo el mundo para asegurar que los motores más confiables accionen nuestros generadores. Solo elegimos motores ya probados en aplicaciones industriales para servicio pesado bajo condiciones adversas.

Generac está comprometida a asegurar a nuestros clientes apoyo de servicio continuo después de la compra de sus generadores.

Series SG/PG

Características estándar

SISTEMA DEL MOTOR

GENERALIDADES

- Vaciado de aceite
- Filtro de aire
- Protector del ventilador
- Conexión de escape flexible de acero inoxidable
- Silenciador de escape crítico (solo para conj. cerrado)
- Llenado con aceite en la fábrica

Sistema de combustible

- Cierre de combustible principal y secundario
- Tubería de combustible flexible - Conexión NPT

Sistema de refrigeración

- Sistema cerrado de recuperación de combustible
- Mangueras resistentes a UV/ozono
- Radiador instalado en la fábrica
- Anticongelante de glicol de etileno 50/50

Sistema eléctrico del motor

- Alternador para carga de batería
- Cables de batería
- Bandeja para batería
- Motor de arrancador activado por solenoide
- Conexiones eléctricas del motor enfundadas en caucho

SISTEMA DEL ALTERNADOR

- Material de aislamiento Clase H
- Paso 2/3
- Estator angulado
- Excitación de imán permanente
- Cojinetes sellados
- Bobinado amortiguador
- Alternador con capacidad de carga completa

GRUPO ELECTRÓGENO

- Aislamiento de vibración interna del grupo electrógeno
- Separación de circuitos - voltaje alto/bajo
- Separación de circuitos - varios disyuntores
- Tubería de escape con envuelta (solo conj. cerrado)
- Prueba estándar en la fábrica
- Garantía de 2 años (unidades calificadas para servicio de reserva)
- Garantía de 1 año (unidades calificadas para servicio principal)
- Silenciador montado en la campana de descarga (solo conj. cerrado)

GABINETE

- Sujetadores inoxidables con arandelas de nylon para proteger el acabado
- Material absorbente del sonido de alto rendimiento
- Puertas con junta
- Persianas de admisión de aire estampadas
- Campanas de descarga de aire para sentido hacia arriba del radiador
- Bisagras de puerta desprendibles de acero inoxidable
- Asas con cierre de acero inoxidable
- Revestimiento Rhino™ - Poliéster texturado con capa pulvimetálica

SISTEMA DE CONTROL



Tablero de control

- Tablero de control digital H - Pantalla 4x20 doble
- Limitador de giro de arranque programable
- Ejercitador programable cada 7 días
- Control lógico programable (PLC) para aplicaciones especiales
- RS-232/485
- Regulador de voltaje dinámico (DVR) detector de todas las fases
- Estado del sistema completo
- Indicación de baja presión de combustible
- Compatible con el arranque de 2 cables
- Potencia de salida (kW)
- Factor de potencia
- kW hora, totales y última etapa de marcha
- Potencia real/reactiva/aparente
- Voltaje de CA de todas las fases
- Corriente de todas las fases

- Presión de aceite
- Temperatura del refrigerante
- Nivel del refrigerante
- Velocidad del motor
- VOLTAJE DE BATERÍA
- Frecuencia
- Historial de fecha/hora de fallos (registro de eventos)
- Gobernador de control isócrono
- Conectores impermeables/sellados
- Alarmas y paradas audibles
- No en automático (luz destellando)
- Conmutador Auto/Off/Manual
- Parada de emergencia (tipo hongo rojo)
- Alarmas, advertencias y eventos personalizables
- Protocolo Modbus
- Algoritmo de mantenimiento preventivo
- Tarjetas de control selladas
- Protección por contraseña con ajuste de parámetro
- Conexión a tierra de un solo punto
- Registro de datos de 15 canales
- Registro de datos de alta velocidad de 0.2 ms
- La información de alarmas surge automáticamente en la pantalla
- Protocolo Modbus

Alarms

- Presión de aceite (parada por baja presión preprogramable)
- Temperatura de refrigerante (parada por alta temperatura preprogramada)
- Nivel de refrigerante (parada por bajo nivel preprogramado)
- Alarma de baja presión de combustible
- Velocidad del motor (parada por sobrevelocidad preprogramada)
- Advertencia de voltaje de batería
- Alarmas y advertencias con sello de hora y fecha
- Alarmas y advertencias para condiciones de estado estable y transitorios
- Instantáneas de los parámetros de funcionamiento clave durante las alarmas y advertencias
- Alarmas y advertencias deletreadas (sin códigos de alarma)

Serie SG/PG

Opciones configurables

SISTEMA DEL MOTOR

- Generalidades
- Calefactor del bloque del motor
 - Indicador de restricción del filtro de aire
 - Protección contra piedras (Solo conj. abierto)
 - Silenciador de escape crítico (Solo conj. abierto)
- Sistema eléctrico del motor
- Cargador de baterías de 10 A

SISTEMA DEL ALTERNADOR

- Capacidad de potenciar el alternador
- Calefactor anticondensación
- Revestimiento tropical

GRUPO ELECTRÓGENO

- Software de comunicaciones Gen-Link (solo en inglés)
- Prueba ampliada en la fábrica (solo trifásicos)
- Basamento con aisladores de vibración
- Kit para viento de 150 mph

OPCIONES DE DISYUNTOR

- Disyuntor principal de línea
- 2do. disyuntor principal de línea
- Interruptor derivado y contacto auxiliar
- Disyuntores de disparo electrónico

GABINETE

- Protegido contra la intemperie
- Atenuación de sonido nivel 1
- Atenuación de sonido nivel 2
- Gabinete de acero
- Gabinete de aluminio
- Kits de iluminación de gabinete de 12 VCC
- Interruptor de alarma de la puerta

SISTEMA DE CONTROL

- Anunciador remoto de 21 Luces
- Tablero de relés remotos (8 o 16)
- Transmisor de temperatura de aceite con indicación/alarma
- Parada de emergencia remota (Tipo romper el vidrio, montaje en superficie)
- Parada de emergencia remota (Tipo hongo, montaje en superficie)
- Parada de emergencia remota (Tipo hongo rojo, montaje a ras)
- Omunicación remota - Módem
- Relé de funcionamiento de 10 A

Opciones de ingeniería

SISTEMA DEL MOTOR

- Válvulas de bola de calentador de refrigerante
- Bandejas de contención de fluidos

SISTEMA DEL ALTERNADOR

- 3er. disyuntor

GRUPO ELECTRÓGENO

- Pruebas especiales
- Caja de batería

GABINETE

- Amortiguadores motorizados

SISTEMA DE CONTROL

- Entradas (x4)/salidas (x4) de reserva - Solo tablero H
- Interruptor de desconexión de batería

Definiciones de la calificación

Servicio de reserva - Aplicable para una carga de emergencia variable durante la duración de un apagón de alimentación eléctrica de servicio público sin capacidad de sobrecarga. (Factor de carga máx. = 70%)

Servicio principal - Aplicable para suministrar alimentación eléctrica a una carga variable en reemplazo del servicio público durante una cantidad de tiempo de funcionamiento ilimitado. (Factor de carga máximo = 70%) Hay disponible una capacidad de 10% de sobrecarga para 1 de cada 12 horas. La opción de servicio de alimentación principal solo está disponible en las aplicaciones internacionales.

Valores nominales de potencia conforme a ISO 8528-1, Segunda edición, de fecha 01-06-2005, definiciones de servicio principal (PRP) y alimentación de reserva de emergencia (ESP).

Series SG/PG

datos de aplicación e ingeniería

ESPECIFICACIONES DEL MOTOR

Generalidades

Fabricante	Generac
Cantidad de cilindros	6
Tipo	En línea
Cilindrada - l (in ³)	12.88
Diámetro interno - mm (in)	135 (5.31)
Carrera - mm (in)	150 (5.91)
Índice de compresión	10.92:1
Método de admisión de aire	Turboalimentado/posenfriado
Cantidad de cojinetes de bancada	7
Bielas	Acero al carbono
Culata de cilindro	Hierro fundido GT250, válvulas en culata
Camisas de cilindro	Hierro dúctil
Encendido	Altronic CD1
Pistones	Aluminio
Cigüeñal	Hierro dúctil
Tipo de elevador	Sólido
Material de la válvula de aceite de motor	Acero especial resistente al calor
Material de la válvula de escape	Aleación de acero, alta temp.
Asientos de válvula endurecidos	Aleación de acero, alta temp.

Sistema de lubricación

Tipo de la bomba de aceite	Engranajes
Tipo del filtro de aceite	Cartucho enroscable de flujo completo
Capacidad del cárter - l (qt)	35.9 (38.0)

Sistema de refrigeración

Tipo de sistema de refrigeración	Recuperación cerrada presurizada
Caudal de la bomba de agua	65 gal./min.
Tipo de ventilador	Impelente
Velocidad del ventilador (rpm)	1580
Diámetro del ventilador mm (in)	762 (30)
Potencia en vatios del calentador de refrigerante opcional	2000
Voltaje del calentador de refrigerante opcional	240 VCA

Sistema de combustible

Tipo de combustible	Gas natural
Carburador	Aspiración descendente
Regulador de combustible secundario	Estándar
Solenoides de cierre de combustible	Estándar
Presión de funcionamiento del combustible	11 - 15 in H ₂ O

Sistema eléctrico del motor

Voltaje del sistema	24 VCC
Alternador para carga de batería	Estándar
Tamaño mínimo recomendado de la batería	1155 CCA
VOLTAJE DE BATERÍA	2 x 12 VCC
Polaridad de conexión a tierra	Negativa

ESPECIFICACIONES DEL ALTERNADOR

Modelo estándar	520 mm
Polos	4
Tipo de campo	Giratorio
Clase del aislamiento - Rotor	h
Clase del aislamiento - Estator	h
Distorsión armónica total	<5%
Factor de interferencia telefónica (TIF)	<50
Excitación estándar	Imán permanente
Cojinetes	De bola sellada
Acoplamiento	Directo, disco flexible
Prueba de cortocircuito del prototipo	Sí

Tipo del regulador de voltaje	Digital total
Cantidad de fases detectadas	Todas
Precisión de la regulación (estado estable)	+/- 0.25%

Regulación del motor

Gobernador	Electrónico
Regulación de frecuencia (estado estable)	+/- 0.25%

SG104/PG084
datos de funcionamiento
50 HZ
VALORES NOMINALES DE POTENCIA (kW) - GAS NATURAL

	Reserva		Servicio principal	
Monofásico 110/220 VCA con 1.0 pf	104 kVA/104 kW	473 A	83 kVA/83 kW	377 A
Trifásicos 231/400 VCA con fact. de pot. 0,8	130 kVA/104 kW	188 A	104 kVA/83 kW	150 A

CAPACIDADES DE ARRANQUE (kVA de arranque)

Alternador	KVA	kVA de arranque versus Caída de voltaje instantánea											
		231/400 VCA						110/220 VCA					
		10%	15%	20%	25%	30%	35%	10%	15%	20%	25%	30%	35%
Estándar	130	96	144	193	241	289	337	57	86	114	143	171	200
Potenciación 1	150	110	165	220	276	330	385	65	98	130	163	196	228
Potenciación 2	175	155	232	310	388	465	542	92	138	183	229	275	321

REGÍMENES DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE*

Porcentaje de carga	Gas natural - ft ³ /h (m ³ /h)	
	Reserva	Servicio principal
25%	411 (11,6)	329 (9,3)
50%	784 (22,2)	627 (17,8)
75%	1166 (33,0)	933 (26,4)
100%	1494 (42,3)	1195 (33,8)

*La instalación del suministro de combustible debe aceptar el régimen de consumo de combustible con carga del 100%.

REFRIGERACIÓN

	ft ³ /min. (m ³ /min.)	RESERVA	Servicio principal
Caudal de aire (admisión de aire para combustión y radiador)		7479 (211,8)	7479 (211,8)
Capacidad del sistema de refrigerante	gal. (l)	6,1 (23,1)	6,1 (23,1)
Rechazo térmico del refrigerante	BTU/h	390,000	312,000
Temperatura ambiente máx. de funcionamiento	*F (°C)	104 (40)	104 (40)
Contrapresión máxima del radiador	in H ₂ O	0,5	0,5

REQUISITOS DE AIRE PARA COMBUSTIÓN

Caudal con la potencia nominal	ft ³ /min. (m ³ /min.)	Reserva	Servicio principal
		307 (8,7)	261 (7,4)

ENGINE

	rpm	Reserva	Servicio principal
Velocidad nominal del motor		1500	1500
Potencia con kW nominales	HP	166	133
Velocidad del pistón	ft/min. (m/min.)	1477 (450)	1477 (450)
Potencia al freno efectiva media (BMEP)	psi	111	107

ESCAPE

	ft ³ /min. (m ³ /min.)	Reserva	Servicio principal
Caudal del escape (Salida nominal)		882 (25,0)	711 (20,1)
Contrapresión máxima recomendada	in Hg	1,5	1,5
Temperatura del escape (Salida nominal)	*F (°C)	1090 (588)	1010 (543)
Tamaño de salida del escape (conj. abierto)	pulg.	Flexible D.I. 3,5 in (Sin silenciador)	

Reducción del régimen - Las características operativas consideran las condiciones ambiente máximas. Los factores de reducción del régimen pueden aplicarse bajo condiciones atípicas del sitio. Consulte a un concesionario de Generac Power Systems para los detalles adicionales. Todas las clasificaciones de rendimiento son de acuerdo a las normas ISO3046, BS5514, ISO8528 y DIN6271. Todas las calificaciones de potencia son +/- 5%.

SG120/PG096
datos de funcionamiento
VALORES NOMINALES DE POTENCIA (kW) - GAS NATURAL

	Reserva		Servicio principal	
	Monofásico 110/220 VCA con 1,0 pf	120 kVA/120 kW	545 A	96 kVA/96 kW
Trifásicos 231/400 VCA con fact. de pot. 0,8	150 kVA/120 kW	217 A	120 kVA/96 kW	176 A

CAPACIDADES DE ARRANQUE (kVA de arranque)

Alternador	KVA	kVA de arranque versus Caída de voltaje instantánea											
		231/400 VCA						110/220 VCA					
		10%	15%	20%	25%	30%	35%	10%	15%	20%	25%	30%	35%
Estándar	150	110	165	220	276	330	385	65	98	130	163	196	228
Potenciación 1	175	155	232	310	388	465	542	92	138	183	229	275	321
Potenciación 2	200	155	232	310	388	465	542	92	138	183	229	275	321

REGÍMENES DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE*

Porcentaje de carga	Gas natural - ft ³ /h (m ³ /h)	
	Reserva	Servicio principal
25%	766 (21,7)	613 (17,4)
50%	1077 (30,5)	862 (24,4)
75%	1389 (39,3)	1111 (31,4)
100%	1682 (47,6)	1346 (38,1)

*La instalación del suministro de combustible debe aceptar el régimen de consumo de combustible con carga del 100%.

REFRIGERACIÓN

	ft ³ /min. (m ³ /min.)	Reserva	Servicio principal
		Caudal de aire (admisión de aire para combustión y radiador)	7479 (211,8)
Capacidad del sistema de refrigerante	gal. (l)	6,1 (23,1)	6,1 (23,1)
Rechazo térmico del refrigerante	BTU/h	437,211	362,885
Temperatura ambiente máx. de funcionamiento	*F (°C)	104 (40)	104 (40)
Contrapresión máxima del radiador	in H ₂ O	0,5	0,5

REQUISITOS DE AIRE PARA COMBUSTIÓN

Caudal con la potencia nominal	ft ³ /min. (m ³ /min.)	Reserva	Servicio principal
		272 (7,7)	256 (7,2)

ENGINE

	rpm	Reserva	Servicio principal
		1500	1500
Potencia con kW nominales	HP	190	152
Velocidad del pistón	ft/min. (m/min.)	1477(450)	1477(450)
Potencia al freno efectiva media (BMEP)	psi	129	124

ESCAPE

	ft ³ /min. (m ³ /min.)	Reserva	Servicio principal
		939 (26,6)	883 (25,0)
Contrapresión máxima recomendada	in Hg	1,5	1,5
Temperatura del escape (Salida nominal)	*F (°C)	1263 (684)	1162 (628)
Tamaño de salida del escape (conj. abierto)	pulg.	Flexible D.I. 3.5 in (Sin silenciador)	

Reducción del régimen - Las características operativas consideran las condiciones ambiente máximas. Los factores de reducción del régimen pueden aplicarse bajo condiciones atípicas del sitio. Consulte a un concesionario de Generac Power Systems para los detalles adicionales. Todos las clasificaciones de rendimiento son de acuerdo a las normas ISO3046, BS5514, ISO8528 y DIN6271. Todas las calificaciones de potencia son +/- 5%.

SG140/PG112
datos de funcionamiento
50 Hz
VALORES NOMINALES DE POTENCIA (kW) - GAS NATURAL

	Reserva		Servicio principal	
	Monofásico 110/220 VCA con 1,0 pf	140 kVA/140 kW	636 A	112 kVA/112 kW
Trifásicos 231/400 VCA con fact. de pot. 0,8	175 kVA/140 kW	253 A	140 kVA/112 kW	202 A

CAPACIDADES DE ARRANQUE (kVA de arranque)

Alternador	KVA	kVA de arranque versus Caída de voltaje instantánea											
		231/400 VCA						110/220 VCA					
		10%	15%	20%	25%	30%	35%	10%	15%	20%	25%	30%	35%
Estándar	175	155	232	310	388	465	542	92	138	183	229	275	321
Potenciación 1	200	155	232	310	388	465	542	92	138	183	229	275	321
Potenciación 2	250	218	328	437	546	656	765	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

REGÍMENES DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE*

Porcentaje de carga	Gas natural - ft ³ /h (m ³ /h)	
	Reserva	Servicio principal
25%	789 (22,3)	631 (17,8)
50%	1138 (32,2)	910 (25,8)
75%	1488 (42,2)	1190 (33,8)
100%	1839 (52,1)	1471 (41,7)

*La instalación del suministro de combustible debe aceptar el régimen de consumo de combustible con carga del 100%.

REFRIGERACIÓN

	Reserva	Servicio principal	
			Caudal de aire (admisión de aire para combustión y radiador)
Capacidad del sistema de refrigerante	gal. (l)	6,1 (23,1)	6,1 (23,1)
Rechazo térmico del refrigerante	BTU/h	496,124	411,783
Temperatura ambiente máx. de funcionamiento	*F (°C)	104 (40)	104 (40)
Contrapresión máxima del radiador	in H ₂ O	0,5	0,5

REQUISITOS DE AIRE PARA COMBUSTIÓN

Caudal con la potencia nominal	ft ³ /min. (m ³ /min.)	Reserva	Servicio principal
		304 (8,5)	286 (8,0)

ENGINE

		Reserva	Servicio principal
		Velocidad nominal del motor	rpm
Potencia con kW nominales	HP	214	171
Velocidad del pistón	ft/min. (m/min.)	1477 (450)	1477 (450)
Potencia al freno efectiva media (BMEP)	psi	151	145

ESCAPE

	Reserva	Servicio principal	
			Caudal del escape (Salida nominal)
Contrapresión máxima recomendada	in Hg	1,5	1,5
Temperatura del escape (Salida nominal)	*F (°C)	1268 (687)	1167 (631)
Tamaño de salida del escape (conj. abierto)	pulg.	Flexible D.I. 3,5 in (Sin silenciador)	

Reducción del régimen - Las características operativas consideran las condiciones ambiente máximas. Los factores de reducción del régimen pueden aplicarse bajo condiciones atípicas del sitio. Consulte a un concesionario de Generac Power Systems para los detalles adicionales. Todos las clasificaciones de rendimiento son de acuerdo a las normas ISO3048, BS5514, ISO8528 y DIN6271. Todas las calificaciones de potencia son +/- 5%.

SG160/PG128
datos de funcionamiento
VALORES NOMINALES DE POTENCIA (kW) - GAS NATURAL

	Reserva		Servicio principal	
Monofásico 110/220 VCA con 1.0 pf	160 kVA/160 kW	727 A	128 kVA/128 kW	582 A
Trifásicos 231/400 VCA con fact. de pot. 0,8	200 kVA/160 kW	289 A	160 kVA/128 kW	231 A

CAPACIDADES DE ARRANQUE (kVA de arranque)

Alternador	KVA	kVA de arranque versus Caída de voltaje instantánea											
		231/400 VCA						110/220 VCA					
		10%	15%	20%	25%	30%	35%	10%	15%	20%	25%	30%	35%
Estándar	200	155	232	310	388	465	542	92	138	183	229	275	321
Potenciación 1	250	218	328	437	546	656	765	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Potenciación 2	300	251	377	502	628	754	879	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

REGÍMENES DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE*

Porcentaje de carga	Gas natural - ft ³ /h (m ³ /h)	
	Reserva	Servicio principal
25%	840 (23,8)	672 (19,0)
50%	1218 (34,5)	974 (27,6)
75%	1621 (45,9)	1297 (36,7)
100%	2062 (58,4)	1650 (46,7)

*La instalación del suministro de combustible debe aceptar el régimen de consumo de combustible con carga del 100%.

REFRIGERACIÓN

	ft ³ /min. (m ³ /min.)	Reserva	Servicio principal
Caudal de aire (admisión de aire para combustión y radiador)		7546 (213,6)	7546 (213,6)
Capacidad del sistema de refrigerante	gal. (l)	6,1 (23,1)	6,1 (23,1)
Rechazo térmico del refrigerante	BTU/h	556,332	461,756
Temperatura ambiente máx. de funcionamiento	*F (°C)	104 (40)	104 (40)
Contrapresión máxima del radiador	in H ₂ O	0,5	0,5

REQUISITOS DE AIRE PARA COMBUSTIÓN

Caudal con la potencia nominal	ft ³ /min. (m ³ /min.)	Reserva	Servicio principal
		337 (9,5)	317 (8,9)

ENGINE

		Reserva	Servicio principal
Velocidad nominal del motor	rpm	1500	1500
Potencia con kW nominales	HP	243	194
Velocidad del pistón	ft/min. (m/min.)	1477(450)	1477(450)
Potencia al freno efectiva media (BMEP)	psi	172	165

ESCAPE

		Reserva	Servicio principal
Caudal del escape (Salida nominal)	ft ³ /min. (m ³ /min.)	1169 (33,1)	1099 (31,1)
Contrapresión máxima recomendada	in Hg	1,5	1,5
Temperatura del escape (Salida nominal)	*F (°C)	1273 (689)	1171 (633)
Tamaño de salida del escape (conj. abierto)	pulg.	Flexible D.I. 3,5 in (Sin silenciador)	

Reducción del régimen - Las características operativas consideran las condiciones ambiente máximas. Los factores de reducción del régimen pueden aplicarse bajo condiciones atípicas del sitio. Consulte a un concesionario de Generac Power Systems para los detalles adicionales. Todos las clasificaciones de rendimiento son de acuerdo a las normas ISO3046, BS5514, ISO6528 y DIN6271. Todas las calificaciones de potencia son +/- 5%.

SG184/PG147

datos de funcionamiento

VALORES NOMINALES DE POTENCIA (kW) - GAS NATURAL

	Reserva		Servicio principal	
Trifásicos 231/400 VCA con fact. de pot. 0,8	230 kW/184 kW	332 A	184 kW/147 kW	265 A

CAPACIDADES DE ARRANQUE (KVA de arranque)

		KVA de arranque versus Caída de voltaje instantánea											
		231/400 VCA						110/220 VCA					
Alternador	KVA	10%	15%	20%	25%	30%	35%	10%	15%	20%	25%	30%	35%
Estándar	230	218	328	437	546	656	765	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Potenciación 1	250	218	328	437	546	656	765	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Potenciación 2	300	251	377	502	628	754	879	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

REGÍMENES DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE*

Porcentaje de carga	Gas natural - ft ³ /h (m ³ /h)	
	Reserva	Servicio principal
25%	840 (23,8)	672 (19,0)
50%	1248 (35,4)	998 (28,3)
75%	1618 (45,8)	1294 (36,6)
100%	2069 (58,6)	1655 (46,9)

*La instalación del suministro de combustible debe aceptar el régimen de consumo de combustible con carga del 100%.

REFRIGERACIÓN

		Reserva	Servicio principal
Caudal de aire (admisión de aire para combustión y radiador)	ft ³ /min. (m ³ /min.)	8062 (228,3)	8062 (228,3)
Capacidad del sistema de refrigerante	gal. (l)	19 (71,9)	19 (71,9)
Rechazo térmico del refrigerante	BTU/h	617,379	512,425
Temperatura ambiente máx. de funcionamiento	*F (°C)	104 (40)	104 (40)
Contrapresión máxima del radiador	in H ₂ O	0,5	0,5

REQUISITOS DE AIRE PARA COMBUSTIÓN

		Reserva	Servicio principal
Caudal con la potencia nominal	ft ³ /min. (m ³ /min.)	319 (9,0)	300 (8,5)

ENGINE

		Reserva	Servicio principal
Velocidad nominal del motor	rpm	1500	1500
Potencia con kW nominales	HP	294	235
Velocidad del pistón	ft/min. (m/min.)	1477 (450)	1477 (450)
Potencia al freno efectiva media (BMEP)	psi	198	190

ESCAPE

		Reserva	Servicio principal
Caudal del escape (Salida nominal)	ft ³ /min. (m ³ /min.)	1125 (31,9)	1058 (30,0)
Contrapresión máxima recomendada	in Hg	1,5	1,5
Temperatura del escape (Salida nominal)	*F (°C)	1330 (721)	1224 (662)
Tamaño de salida del escape (conj. abierto)	pulg.	Flexible D.I. 3,5 in (Sin silenciador)	

Reducción del régimen - Las características operativas consideran las condiciones ambiente máximas. Los factores de reducción del régimen pueden aplicarse bajo condiciones atípicas del sitio. Consulte a un concesionario de Generac Power Systems para los detalles adicionales. Todos las clasificaciones de rendimiento son de acuerdo a las normas ISO3046, BS5514, ISO8528 y DIN6271. Todas las calificaciones de potencia son +/- 5%.

SG200/PG160
datos de funcionamiento
VALORES NOMINALES DE POTENCIA (kW) - GAS NATURAL

	Reserva		Servicio principal	
	kVA	kW	A	kVA
Trifásicos 231/400 VCA con fact. de pot. 0,8	250	200	361	289

CAPACIDADES DE ARRANQUE (kVA de arranque)

Alternador	KVA	kVA de arranque versus Caída de voltaje instantánea					
		231/400 VCA					
		10%	15%	20%	25%	30%	35%
Estándar	250	218	328	437	546	656	765
Potenciación 1	300	251	377	502	628	754	879

REGÍMENES DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE*

Porcentaje de carga	Gas natural - ft ³ /h (m ³ /h)	
	Reserva	Servicio principal
25%	1094 (31,0)	875 (24,8)
50%	1642 (46,5)	1314 (37,2)
75%	2294 (65,0)	1835 (52,0)
100%	2818 (79,8)	2254 (63,8)

*La instalación del suministro de combustible debe aceptar el régimen de consumo de combustible con carga del 100%.

REFRIGERACIÓN

	Unidad	Reserva	Servicio principal
		Valor	Valor
Caudal de aire (admisión de aire para combustión y radiador)	ft ³ /min. (m ³ /min.)	8062 (228,3)	8062 (228,3)
Capacidad del sistema de refrigerante	gal. (l)	19 (71,9)	19 (71,9)
Rechazo térmico del refrigerante	BTU/h	654,209	542,993
Temperatura ambiente máx. de funcionamiento	*F (*C)	104 (40)	104 (40)
Contrapresión máxima del radiador	in H ₂ O	0,5	0,5

REQUISITOS DE AIRE PARA COMBUSTIÓN

	Unidad	Reserva	Servicio principal
		Valor	Valor
Caudal con la potencia nominal	ft ³ /min. (m ³ /min.)	354 (10,0)	333 (9,4)

ENGINE

	Unidad	RESERVA	Servicio principal
		Valor	Valor
Velocidad nominal del motor	rpm	1500	1500
Potencia con kW nominales	HP	362	290
Velocidad del pistón	ft/min. (m/min.)	1477(450)	1477(450)
Potencia al freno efectiva media (BMEP)	psi	215	206

ESCAPE

	Unidad	RESERVA	Servicio principal
		Valor	Valor
Caudal del escape (Salida nominal)	ft ³ /min. (m ³ /min.)	1250 (35,4)	1175 (33,3)
Contrapresión máxima recomendada	in Hg	1,5	1,5
Temperatura del escape (Salida nominal)	*F (*C)	1334 (723)	1227 (664)
Tamaño de salida del escape (conj. abierto)	pulg.	Flexible D.I. 3.5 in (Sin silenciador)	

Reducción del régimen - Las características operativas consideran las condiciones ambiente máximas. Los factores de reducción del régimen pueden aplicarse bajo condiciones atípicas del sitio. Consulte a un concesionario de Generac Power Systems para los detalles adicionales. Todas las clasificaciones de rendimiento son de acuerdo a las normas ISO3046, BS5514, ISO8528 y DIN6271. Todas las calificaciones de potencia son +/- 5%.

Las características de las especificaciones pueden cambiar sin aviso. Consulte a un concesionario de Generac Power Systems para los planos de instalación detallados.

Generac Power Systems, Inc. • S45 W29290 HWY. 59, Waukesha, WI 53189, EE. UU. • generac.com

©2013 Generac Power Systems, Inc. Todos los derechos reservados. Todas las especificaciones están sujetas a cambios sin aviso. Núm. de pieza 0H2714ASP-D/Impreso en EE. UU. 03/04/13